

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Trabajo de Integración Curricular

Tema: Estimación de los consumos de agua potable y dotaciones en el sistema de agua potable de la parroquia de Conocoto, Distrito Metropolitano de Quito.

AUTOR:

Alex David Renjifo Pazmiño

TUTOR:

Ing. Fernando Castro

QUITO DM, JUNIO DE 2024

Dedicatoria

A mis queridos padres, Alex y Vilma, por su amor incondicional, apoyo constante y sus palabras de sabiduría. Ustedes han sido mi guía y mi mayor inspiración. Este logro es tanto suyo como mío.

A mi hermana, Daniela, por ser mi compañera de vida y por siempre estar ahí para levantarme con su ánimo, cariño y consejos. Tu apoyo ha sido crucial en cada paso de mi vida.

A toda mi familia, por su amor y apoyo inagotables. Gracias por creer en mí y por impulsarme siempre a dar lo mejor de mí mismo. Este triunfo es el reflejo de su fe en mí.

A mis profesores, quienes me han guiado con su conocimiento y han moldeado mi formación profesional. Su dedicación y compromiso han dejado una marca indeleble en mi desarrollo como ingeniero civil.

Agradecimiento

A mi madre Vilma, por tu apoyo incondicional en cada paso y decisión que he tomado. Tus consejos sabios y tu ejemplo constante de esfuerzo y dedicación me han enseñado el verdadero significado de la perseverancia y amor incondicional.

A mi padre, Alex, y mi hermana, Daniela, que con sus palabras de aliento y su apoyo constante han sido fundamentales en mi formación como persona. Gracias por estar siempre a mi lado, motivándome a superar los desafíos y a perseguir mis sueños con determinación.

A toda mi familia, por su apoyo incondicional en mi formación académica y personal ha sido un pilar esencial en mi vida. Sus mejores deseos y su fe en mí me han impulsado a alcanzar cada una de mis metas con valentía y confianza.

A mis profesores, les agradezco profundamente a cada uno de ustedes por guiarme a lo largo de mi carrera. Sus conocimientos, consejos y el ejemplo de su profesionalismo han sido invaluable para mi formación como ingeniero civil.

A mi tutor del Trabajo de Integración Curricular, el Ing. Fernando Castro Carrera, gracias por ser un mentor excepcional. Su ética, profesionalismo y apoyo constante han sido una fuente de inspiración y guía a lo largo de muchos semestres. Su conocimiento y su manera de ser han dejado una huella imborrable en mi vida.

Resumen

En la parroquia rural de Conocoto, Distrito Metropolitano de Quito, se realizó una investigación para estimar el consumo de agua potable utilizando datos proporcionados por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS) y datos históricos de los censos del INEC. Esta investigación abarcó el periodo 2019 - 2023 y se centró en determinar los consumos totales anuales de agua potable, los consumos unitarios promedio de diferentes categorías de usuarios y la dotación promedio del usuario doméstico. Se observó una tendencia general de incremento en el consumo de agua a lo largo de los años, a excepción del año 2021, donde se observó una ligera disminución atribuida a los efectos de la pandemia de COVID-19.

El análisis reveló que el consumo promedio mensual de todas las categorías más alto ocurrió en junio y el más bajo en marzo. Entre las categorías de usuarios, los de tipo oficial presentaron el mayor consumo promedio por usuario, mientras que la dotación promedio del usuario doméstico fue de 213 l/hab*día. Además, se estableció una correlación lineal significativa entre el crecimiento poblacional y el consumo de agua, con una fuerte relación entre estas variables. Este estudio proporciona datos cruciales para futuros análisis, diseños y ampliaciones del sistema de agua potable de la parroquia Conocoto, ayudando a comprender mejor los patrones de consumo y las necesidades de los usuarios.

Palabras clave: consumo de agua, consumo unitario, categoría de usuario, sistema de agua potable, correlación de consumo

Abstract

In the rural parish of Conocoto, Metropolitan District of Quito, a study was conducted to estimate potable water consumption using data provided by the Quito Public Metropolitan Drinking Water and Sanitation Company (EPMAPS) and historical census data from INEC. This research covered the period from 2019 - 2023 and focused on determining the total annual potable water consumption, average unit consumption of different user categories, and the average allocation for domestic users. A general trend of increasing water consumption over the years was observed, except for 2021, where a slight decrease was noted, attributed to the effects of the COVID-19 pandemic.

The analysis revealed that the highest average monthly consumption across all categories occurred in June, while the lowest was in March. Among the user categories, the official type showed the highest average consumption per user, while the average allocation for domestic users was 213 l/hab*day. Furthermore, a significant linear correlation was established between population growth and water consumption, indicating a strong relationship between these variables. This study provides crucial data for future analyses, designs, and expansions of the potable water system in the Conocoto parish, aiding in a better understanding of consumption patterns and user needs.

Keywords: water consumption, unit consumption, user category, water supply system, consumption correlation

INDICE

1	Introducción	1
1.1	Justificación	1
1.2	Planteamiento del problema	1
1.3	Objetivos	1
1.3.1	Objetivo general	1
1.3.2	Objetivos específicos	1
1.4	Alcance	2
2	Fundamentación teórica	2
2.1	Sistemas de agua potable	2
2.1.1	Componentes de un sistema de agua potable	2
2.1.1.1	Captación	2
2.1.1.2	Tratamiento	5
2.1.1.3	Distribución	8
2.1.1.4	Suministro	9
2.1.2	Sistemas de macromedición y micromedición de agua	9
2.1.2.1	Macromedición	10
2.1.2.2	Micromedición	12
2.1.3	Catastro de usuarios	12
2.1.3.1	Tipos de clientes	13
2.2	Demanda de agua	14
2.2.1	Población	14
2.2.1.1	Censos poblacionales	14
2.2.1.2	Proyecciones demográficas	15
2.2.1.3	Población servida	15
2.2.2	Dotación neta por categoría de usuario	16
2.2.2.1	Dotación neta doméstica	16

2.2.2.2 Comercial, industrial y otros.....	17
2.2.2.3 Factores que inciden en el consumo de agua potable.	18
3 Descripción del sistema de agua potable de la parroquia Conocoto.....	19
3.1 Fuentes de abastecimiento de agua.....	19
3.2 Líneas de conducción.	19
3.3 Planta de tratamiento de agua potable.	19
3.4 Tanques de reserva.	22
3.5 Redes de distribución.	22
3.6 Catastro de usuarios.....	23
4 Determinación de consumos.	24
4.1 Metodología para la determinación de consumos.	24
4.1.1 Número de usuarios anual por categoría.....	24
4.2 Determinación anual de consumos unitarios por categoría de usuarios.....	25
4.2.1 Consumo total mensual de la parroquia Conocoto	26
4.2.2 Consumo promedio por mes de los usuarios domésticos.....	27
4.2.3 Consumo unitario promedio anual por categoría de usuario	28
4.2.4 Dotación promedio anual de usuario doméstico	30
4.3 Crecimiento poblacional de la parroquia Conocoto.	30
4.3.1 Proyección demográfica de la parroquia Conocoto para el periodo 2019-2023.....	32
4.4 Relación entre el crecimiento poblacional y la variación anual de los consumos	34
4.4.1 Correlación entre el consumo mensual doméstico promedio y el número de usuarios domésticos	35
4.4.2 Correlación entre dotación neta promedio de usuario doméstico y crecimiento poblacional	36
4.4.3 Correlación entre dotación neta total y crecimiento poblacional.....	39
5 Análisis de resultados.	42
5.1 Análisis de resultados de consumo de agua potable.....	42

5.2	Análisis de la correlación consumo de agua con crecimiento poblacional	43
6	Conclusiones y Recomendaciones.	44
6.1	Conclusiones	44
6.2	Recomendaciones	46
7	Bibliografía.....	47

1 Introducción

1.1 Justificación.

La investigación propuesta sobre la estimación de consumos de agua potable y dotaciones en la parroquia de Conocoto permitirá estimar los niveles de consumo por categoría de usuario en esta parroquia del Distrito Metropolitano de Quito, lo que posibilitará realizar una mejor estimación de caudales para diseños de sistemas de agua potable en la zona. Su relevancia radica en la capacidad de proveer datos esenciales para la planificación, concepción y diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado, facilitando la toma de decisiones.

1.2 Planteamiento del problema.

En el presente trabajo de titulación se investigarán las dotaciones de los usuarios domésticos y los consumos en las otras categorías de usuarios. Esta investigación se realizará a base de la demanda de agua de los últimos años. Muchas veces en los diseños de sistemas de agua potable se consideran dotaciones recomendadas a base del número de habitantes y tipos de clima, lo que genera una subestimación o sobreestimación de caudales y sus consecuencias en el dimensionamiento de los proyectos.

Las consecuencias de esta situación se pueden evidenciar en la información del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Conocoto (GAD Parroquial Rural de Conocoto [GADPRC], s. f.) que indica que un 9% de la población de la parroquia tiene cierta insatisfacción por el servicio de agua potable, al reportar quejas de presión insuficiente y cortes, según lo indican sus encuestas. Ante esta situación, el análisis de consumos y dotaciones de agua potable brindará información de las variables necesarias para poder realizar una estimación de caudales más apegada a la realidad.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general.

Estimar los consumos de agua potable y dotaciones en los últimos años en el sistema de agua potable de la parroquia de Conocoto, Distrito Metropolitano de Quito.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Resumir los aspectos teóricos relevantes relacionados con consumos de agua potable.

- Describir de forma resumida los diferentes componentes del sistema de agua potable de la parroquia Conocoto.
- Estimar los consumos unitarios de agua potable en la parroquia Conocoto y su relación con el crecimiento poblacional.

1.4 Alcance.

Se analizarán los consumos de agua potable por categoría de usuario a base de la información que proporcionará la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS-Agua de Quito) considerando los registros de los cinco últimos años y la información poblacional del Censo de Población y Vivienda 2022 del INEC, de la parroquia de Conocoto.

2 Fundamentación teórica.

2.1 Sistemas de agua potable.

Un sistema de agua potable como lo describe Trapote (2017) se refiere al conjunto de procesos, obras e instalaciones diseñados para satisfacer las necesidades de agua potable de una población, con el objetivo principal de llevar el agua desde su captación hasta los puntos de suministro.

2.1.1 Componentes de un sistema de agua potable.

Un sistema de agua potable está constituido de varios componentes que trabajan en conjunto para garantizar el suministro seguro y confiable de agua potable a los usuarios.

Como indican Fair, Geyer y Okun (1968) las captaciones toman el agua de fuentes que satisfacen la demanda presente y futura o buscan convertir una fuente intermitente en una capaz de un suministro adecuado; y, cuando la calidad del agua no es satisfactoria, se implementan obras para su tratamiento y por medio de la conducción se transporta el agua tratada hasta los puntos de suministro con la presión y volumen deseado. A continuación, se describe un resumen de los aspectos más relevantes de los componentes de un sistema de agua potable.

2.1.1.1 Captación

Para la estructura de captación de agua se exploran varias opciones, tales como la obtención de aguas superficiales, la recolección de agua lluvia y escorrentía y la captación de aguas subterráneas; de esta manera, la recolección de agua engloba diversas técnicas orientadas a

aprovechar el agua de distintos orígenes para su uso en sectores como la agricultura, ganadería o el abastecimiento para consumo humano (Mongil, 2011).

Como señalan Smet y Wijk (2002) al evaluar la idoneidad de una fuente para la captación, las consideraciones clave son la calidad del agua a ser captada y la confiabilidad del flujo. Una captación superficial típica comprende las obras y estructuras que se detallan a continuación.

a) Azud

El azud es una estructura que se construye en un río con el fin de elevar el nivel del agua y redirigir su flujo, con el objetivo de retener una cantidad suficiente de agua que permita su conducción por una toma lateral o de fondo hacia un canal; durante las épocas de crecidas de agua, la corriente excedente del río se vierte por encima de la cresta del azud de forma parcial o total, teniendo que considerar la implementación de una obra de disipación de energía para evitar la socavación del lecho aguas abajo (Gutiérrez, 2001).

b) Toma lateral

La toma lateral se compone principalmente de dos estructuras: la presa o azud y la toma lateral de agua; la presa cumple con la función de embalsar el agua para mantener una profundidad de agua constante aguas arriba, mientras que la toma permite derivar el agua del río para darle un uso específico (Lauterjung y Schmid, 1989).

La toma lateral o toma convencional cuenta con una estructura denominada azud, que represa el agua que va a ingresar a la conducción y funciona como vertedero cuando hay exceso de agua; en el ingreso de la conducción se cuenta con una reja que impide el paso de sólidos flotantes de gran tamaño, para esto el umbral de la cresta se coloca por encima del fondo del río; el material que logra pasar de la reja, se deposita en una cámara denominada desripador, que cuenta con una compuerta conectada al río para limpiezas periódicas y un vertedero de cresta ancha por donde ingresa el agua a la transición de entrada al canal de la conducción (Krochin, 1986).

c) Toma de fondo

La toma en un río se debe ubicar en un nivel que permita el transporte por gravedad para evitar los costos del bombeo, aguas arriba de poblaciones para evitar entrada de sedimentos y descargas de aguas servidas (Smet y Wijk, 2002).

La toma de fondo también conocida como caucasiana o tirolesa, consiste en una rejilla horizontal paralela a la dirección del flujo o un poco inclinada, ubicada en la cresta del azud,

que se encuentra sobre una galería hueca que forma parte de la estructura de la presa, y conduce el agua que ingresa por la rejilla hacia el canal (Krochin, 1986).

Para evitar la captación de sedimentos se controla la cantidad de flujo de tal manera que la velocidad no exceda de 0.1 m/s. (Smet y Wijk, 2002).

El agua captada se envía por conductos enterrados por debajo del lecho, manteniendo velocidades altas en el ducto para evitar la deposición de sedimentos, que oscilan en un rango de 0.3 a 0.6 m/s; el agua del conducto se acumula en un pozo del cual se bombea el agua hasta la planta de tratamiento (McGhee, 1999).

d) Conducción

Como menciona Rodríguez (2001) la conducción es el conjunto de tuberías y accesorios que cumplen con el objetivo de transportar el agua desde una fuente de abastecimiento, es decir, desde una obra de captación hasta un tanque de almacenamiento, planta de tratamiento potabilizadora o directamente a la red de distribución, proceso que se lo puede realizar por gravedad o por bombeo.

Si topográficamente la obra de captación se encuentra en una cota mayor a su destino, es posible llevar a cabo la conducción por gravedad (Rodríguez, 2001).

Para mantener el agua libre de contaminantes, evaporación y filtración durante la conducción, se deben realizar obras como control de taludes, revestir el fondo del canal, o llevarla por medio de tuberías que trabajen a sección llena, controlando que la velocidad no sea menor a los límites mínimos para que no se genere sedimentación ni sea muy alta para evitar erosión (Rodríguez, 2001).

Como señala la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, s. f.) las ecuaciones principales que se aplican en conducciones a presión sin bombeo son la de energía y la de continuidad; al tener un flujo uniforme que no varía en velocidad y presión, se establece por medio de la continuidad que la suma de caudales en un nodo es cero, mientras que la ecuación de la energía considera las pérdidas de carga por fricción, las cuáles se las puede calcular con la ecuación de Darcy-Weisbach (SAGARPA, s. f.).

Hay que tomar en cuenta que la presión estática máxima no sobrepase el 80% de la presión nominal de la tubería, considerando que al tener depresiones profundas en la topografía es recomendable colocar tanques rompe presión que establecen un nuevo nivel estático; y, por otra parte, para que el tubo pueda trabajar correctamente a sección llena, se deben colocar

válvulas de aire y para los casos de mantenimiento se deben colocar válvulas de desagüe (SAGARPA, s. f.).

2.1.1.2 Tratamiento

a) Aireación

El objetivo de la aireación en el tratamiento del agua consiste en la eliminación de gases y sustancias volátiles, la adición de estas o ambos procesos simultáneamente; es un fenómeno en el cual el agua intercambia moléculas de gas con la superficie de contacto gas-líquido, en la que el agua experimenta cambios químicos, bioquímicos y biofísicos (Fair, Geyer y Okun, 1971).

Uno de los objetivos que tiene la aireación en el tratamiento de agua es la remoción del exceso de CO₂ cuando se tiene fuentes de agua alcalino-bicarbonatadas o alcalino-magnésicas; los tipos de aireadores utilizados para crear interfases entre el agua y el aire y que optimizan el tiempo de transferencia con un gasto mínimo de energía son: aireador de boquilla, difusores, aireadores por gravedad y aireadores mecánicos (Fair, Geyer y Okun, 1971).

b) Coagulación

Como señala Arboleda (2000) el agua naturalmente contiene sólidos en suspensión o en solución verdadera, lo que puede ocasionar color y/o turbiedad; la turbiedad se define como la propiedad óptica que tiene una sustancia de diseminar la luz que la atraviesa en todas direcciones y se produce por la presencia de materia suspendida que evita el paso de luz, mientras que el color del agua se debe a la presencia de sustancias orgánicas extraídas por el agua del suelo y de la madera.

La coagulación sucede en fracciones de segundo al agregar coagulantes metálicos o polielectrolitos; este proceso implica una serie de reacciones químicas y físicas, dependiendo de factores como el pH, dosis de coagulante, turbiedad, color, cationes o aniones en el agua, gradiente de velocidad, intensidad de la mezcla y temperatura (Arboleda, 2000).

El proceso de coagulación puede realizarse utilizando métodos como la coagulación por neutralización de carga, puente químico y compresión de la doble capa y ocurre por incorporación de ayudantes de coagulación, polielectrolitos o coagulantes metálicos (Arboleda, 2000).

La neutralización de carga consiste en desestabilizar las partículas de carga negativa que se encuentran en el agua por medio de cationes con carga positiva o el uso de sales metálicas

hidrolizadas; en el mecanismo de puente químico se adsorben las partículas en una cadena, por medio de la adición de polímeros no iónicos de cadena grande; mientras que la compresión de la doble capa eléctrica, consiste en reducir las fuerzas de repulsión que se producen por la capa de cationes que se encuentra unida con la superficie de la partícula, por medio de un conjunto difuso de aniones y cationes que se encuentran en la solución (Mihelcic y Zimmerman, 2012).

c) Floculación

College of the Canyons (2023) menciona que la floculación es el proceso de mezcla lenta que hace que las partículas más pequeñas se fusionen en partículas más grandes que se sedimentan más fácilmente, proceso que se logra controlando la tasa de impactos entre partículas a medida que ganan tamaño; el tamaño del flóculo puede oscilar entre 0,1 mm y 3 mm, dependiendo del tipo de proceso de tratamiento que se utilice, con una duración aproximada entre 15 y 45 minutos.

Arboleda (2000) señala que dependiendo del tipo de energía requerida para el proceso de floculación se pueden clasificar como mecánicos, hidráulicos e hidromecánicos, así también por el sentido del flujo, ya sea vertical, helicoidal o de flujo horizontal.

Según Valencia (2000) los floculadores se pueden dividir según su energía y sentido de flujo, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Clasificación de los floculadores (Valencia, 2000, p. 128)

Según la energía de agitación	Según el sentido de flujo	Descripción	Nombre
Hidráulicos	Flujo horizontal	Con tabiques de ida y regreso	Tabiques
		Con tabiques arriba y abajo del tanque	
	Flujo vertical	Con codos en el fondo que proyectan el agua hacia arriba	Alabama
		Con entrada lateral al tanque	Cox
Mecánicos	Rotatorios	De paletas de eje horizontal o vertical	Paletas
		De turbinas horizontales o verticales	Turbinas
	Reciprocantes	Rejas o cintas oscilantes	Reciprocantes
Hidromecánicos	Flujo horizontal	De turbina Pelton y paletas horizontales	Hidromecánicos

Los floculadores hidráulicos de flujo horizontal funcionan a gravedad, agitando el agua por medio de la carga de velocidad que se produce al recorrer por los canales, que consisten en

tanques con pantallas que permiten que el agua transite alrededor de los tabiques con un giro de 180° al final de cada uno, que debido a la variación de dirección y de sección de los canales, se producen pérdidas de carga proporcionales a la carga de velocidad que puede oscilar entre 0.1 y 0.6 m/s (Arboleda, 2000).

d) Sedimentación

La sedimentación es un proceso complementario en el tratamiento de agua, que busca la eliminación de los sólidos por medio de su caída por efecto de la gravedad y considerado las fuerzas de empuje y rozamiento que actúan sobre la partícula, buscando de esta manera que las partículas en suspensión descendan a una velocidad tal que alcancen el fondo del sedimentador en un tiempo prudente (Arboleda, 2000).

Los sedimentadores convencionales se caracterizan por tener un flujo horizontal que atraviesa el tanque, el cual está compuesto por cuatro zonas: la entrada, que permite una repartición del caudal en el área transversal del tanque, logrando un flujo de tipo pistón que permite la trayectoria horizontal de las partículas; la salida, que evita generar corrientes o turbulencia, para evitar que las partículas sedimentadas se resuspendan; la zona de lodos, que acumula todas las partículas removidas para una posterior evacuación; y, finalmente, la zona de sedimentación que es el área en donde las partículas se asientan por el efecto de la gravedad (Lozano y Lozano, 2015).

Algunos criterios para el diseño de este tipo de sedimentadores son los siguientes: carga hidráulica superficial, número y forma de la unidad, relación largo-ancho, velocidad horizontal, relación longitud-profundidad, tiempo de retención y tipo de entrada (Lozano y Lozano, 2015).

e) Filtración

Los filtros se emplean con el objetivo de obtener una mejor eliminación de los sólidos suspendidos, entendiéndose que la operación de estos se compone de dos fases: filtración y lavado a contracorriente (Metcalf y Eddy, 1995).

Como indican Metcalf y Eddy (1995) la filtración se lleva a cabo por medio de la circulación del líquido a través de un lecho granular, proceso en el cual no se añade ningún reactivo químico, sino que, se elimina el resto de partículas en suspensión por medio de un proceso complejo de tamizado, interceptación, impacto, sedimentación y adsorción; se debe lavar el filtro una vez el efluente tenga la máxima concentración de partículas en suspensión aceptables, y a su vez se produzcan pérdidas de carga en el lecho del filtro, situación que debe suceder idealmente de forma simultánea.

La remoción suele ocurrir en la parte superior del estrato granular y continua al penetrar más profundo durante la carrera del filtro; cuando los intersticios del estrato son llenados, se puede generar resuspensión de las partículas debido al aumento de la velocidad superficial del agua, produciendo vacíos parciales que restringe aún más el flujo y aumentan las pérdidas, provocando que algunas partículas sean conducidas a través del filtro (McGhee, 1999).

Para la limpieza del filtro se aplica un caudal a contracorriente para poder en cierta manera expandir el lecho granular y arrastrar los residuos acumulados, mejorando este proceso con la adición de aire (Metcalf y Eddy, 1995).

f) Desinfección

La desinfección tiene como objetivo la eliminación y destrucción de organismos patógenos que no hayan podido ser removidos en los procesos de tratamiento previos; se considera adecuado el uso de desinfectantes como cloro y ozono (Lozano y Lozano, 2015).

El cloro se introduce en el agua en forma de gas, líquido (hipoclorito de sodio) o sólido (hipoclorito de calcio), agente desinfectante que reacciona rápidamente con los microorganismos presentes en el agua, destruyendo las paredes celulares de las bacterias y otros microorganismos, alterando sus enzimas y procesos metabólicos, lo que resulta en la inactivación y muerte de estos organismos (Fair, Geyer y Okun, 1971).

La cantidad de cloro necesario depende de la calidad del agua y de la concentración de contaminantes; la dosificación debe ser controlada cuidadosamente para asegurar que se mantenga un residuo de cloro libre suficiente, sin exceder los niveles que puedan generar subproductos perjudiciales; para asegurar una desinfección efectiva, el cloro debe estar en contacto con el agua durante un tiempo determinado, el cual en conjunto con la concentración de cloro, es crucial para la eliminación de patógenos (Fair, Geyer y Okun, 1971).

2.1.1.3 Distribución

La distribución tiene como objetivo llevar el agua hasta cada uno de los usuarios, por medio de tuberías que se unen en diversos puntos llamados uniones o nudos; la red de distribución se puede dividir en redes primarias y secundarias, siendo la primera aquella que parte desde el tanque de almacenamiento hasta el punto de inicio de la distribución, teniendo generalmente un mayor diámetro, mientras que la red secundaria se compone de tuberías de diámetro menor que recorren las calles de la localidad (Gleason, 2014).

Al planificar un sistema de distribución, es crucial la elección tanto del almacenamiento como de la topología de la distribución, lo cual implica determinar la ubicación óptima de los tanques de almacenamiento, que pueden estar situados tanto al comienzo como al final de la red; además, es necesario decidir entre un esquema de distribución que emplee un diseño de circuito cerrado, caracterizado por tuberías principales que se originan en la fuente y de las cuales se desprenden tuberías secundarias de menor diámetro, en un mallado donde todos los nudos se encuentran conectados, o bien un diseño de circuito abierto, el cual se basa en una única tubería que se extiende a lo largo de las vías principales y disminuye su diámetro progresivamente a medida que alimenta a conductos laterales (Vierendel, 2009).

Para establecer las presiones dentro del sistema, se delimita una presión mínima de 15 metros de columna de agua y una máxima de 50; adicionalmente, se equipará el sistema con accesorios tales como válvulas de purga, de cierre, hidrantes y válvulas de aire; para la selección de diámetros de tubería se tomarán en cuenta factores como la previsión de crecimiento poblacional, la posible división por distritos y zonas si fuera necesario, la identificación de consumos especiales, los consumos per cápita, el caudal máximo diario, los picos de demanda horaria y las necesidades de agua para la extinción de incendios. (Vierendel, 2009).

2.1.1.4 Suministro

Es indispensable disponer de un suministro de agua que sea suficiente para cubrir la demanda del sistema, con la cobertura de la demanda máxima diaria y la demanda máxima horaria (Gil, 2009).

El agua que es consumida por los usuarios desde la red se realiza a través de una conexión individual, la cual permite tomar pequeños caudales en intervalos longitudinales de aproximadamente 15 metros, denominando a estos puntos de consumo del caudal conexiones domiciliarias; además, tomando en cuenta los diferentes tipos de usuarios a suministrar, es crucial considerar la protección contra incendios requerida en la red, que en zonas residenciales puede oscilar entre los 30 y 150 l/s, siendo este valor considerablemente mayor en zonas industriales y comerciales (Saldarriaga, 2016).

2.1.2 Sistemas de macromedición y micromedición de agua.

Como indica Gil (2009) para tener un adecuado control de la operación de un sistema de distribución de agua potable es indispensable el monitoreo de caudales por medio de

dispositivos de medición, mismos que proveen de una serie de beneficios como el conocimiento de los caudales reales demandados, la calibración de modelos hidráulicos, cálculo y análisis de pérdidas, relación de caudales mínimos nocturnos y caudales medios e índice de agua no contabilizada.

La elección de un dispositivo de medición de caudales de la amplia gama de tecnologías es tomada en función del costo, las características metrológicas y los requerimientos hidráulicos, pudiendo clasificar a estos dispositivos de medición en tres grupos principales como: mecánicos, electromagnéticos y ultrasónicos (Gil, 2009).

2.1.2.1 Macromedición

La macromedición tiene como objetivo la cuantificación de los caudales captados, conducidos, tratados y distribuidos con el fin de tener información suficiente para la planeación, diseño, ejecución de obras, operación, mantenimiento y administración del sistema de agua potable, permitiendo de esta manera determinar volúmenes entregados a los distintos sectores y evaluar homogeneidad y equilibrio en el suministro de agua (Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, 2006).

La macromedición desempeña un papel crucial al ofrecer información detallada sobre la cantidad de agua producida para establecer la eficiencia física y comercial del sistema de suministro, información esencial para diversos propósitos, como cuantificar la producción de agua, identificar la eficacia comercial al relacionar los volúmenes facturados con los producidos, analizar el comportamiento hidráulico en tiempo real, diagnosticar el estado de los equipos, evaluar el sistema y realizar mediciones especializadas para grandes consumidores (ARCA, 2022a).

Estos sistemas de medición generalmente se colocan en las salidas de las plantas de tratamiento, así también en la entrada y salida de los sistemas de almacenamiento (ARCA, 2022a). A continuación, se describen los principales tipos de macromedidores.

a) Medidores de velocidad

Se compone por hélices o turbinas como elemento de medición, que trabajan en la tubería a presión en dirección axial al flujo de agua; la medición se la realiza en base a la proporcionalidad entre el número de revoluciones y la velocidad del flujo de agua, de tal manera que la velocidad de giro de la turbina se transmite a un sistema de relojería que la transforma directamente a unidades de volumen; la ventaja de este tipo de medidores es la

baja pérdida de carga, bajo costo, posibilidad de lectura remota, usos en grandes caudales y la posibilidad de instalación en posición horizontal, vertical o en cualquier ángulo; se cuenta con algunos tipos de medidores como el tipo Woltmann, Carrete, Propela o Hélice, Micromolinete y el tipo Turbina (ARCA, 2022a).

b) Medidores de presión diferencial

Consiste en la reducción gradual o brusca de la sección por la cual fluye el agua, provocando así el aumentando de la velocidad y ocasionando una pérdida de presión; estas pérdidas se registran con manómetros diferenciales de presión, de tal manera que la variación de presión y velocidad se relacionan por las fórmulas de continuidad y Bernoulli para determinar el caudal; pueden ser medidores de presión tipo Venturi, Pitot y Placa de orificio (ARCA, 2022a).

c) Medidores ultrasónicos

En este tipo de dispositivos de medición ultrasónica, se emite una señal sonora que viaja diagonalmente a través del tubo por donde fluye el agua, cuya velocidad afecta el tiempo que tarda la señal en llegar del emisor al receptor; existen dos variantes de medidores ultrasónicos: el de Tiempo en Tránsito, que calcula el caudal midiendo el tiempo que la señal tarda en llegar al receptor y requiere que el flujo esté libre de sólidos suspendidos, y por otra parte el medidor de Efecto Doppler, que se basa en cambios en la frecuencia del sonido y necesita que el flujo contenga partículas en suspensión para su funcionamiento (ARCA, 2022a).

d) Medidores electromagnéticos

Se usa para la determinación de caudal por medio de la ley de Faraday a través de la proporcionalidad entre la fuerza electromotriz y la velocidad del fluido, mediante un tubo revestido con un aislante en su interior con dos bobinas en sus extremos que producen el campo magnético, y dos electrodos para medir la diferencia de potencial que provoca el fluido al pasar por el campo magnético (ARCA, 2022a).

Las ventajas de este tipo de medidores es la eliminación de partes móviles que tengan contacto con el flujo lo que reduce considerablemente las pérdidas de carga, que no requiere de un filtro y obtiene medidas con mayor precisión (ARCA, 2022a).

Las desventajas de estos medidores son los depósitos de sedimentos en los electrodos que pueden inducir errores y modificar la medición, y la necesidad de una instalación especializada con mantenimiento periódico (ARCA, 2022a).

2.1.2.2 Micromedición

La micromedición tiene como función la cuantificación periódica del consumo de agua de cada uno de los usuarios de la red, con el propósito de la facturación por medio de una tarifa y verificar que los consumos sean racionales y mantener un equilibrio adecuado entre la demanda y la producción de agua (Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, 2006).

Son dispositivos o instrumentos que cumplen con la función de registrar el volumen de agua que ingresa desde la red de distribución hasta los domicilios por medio de la instalación de acometidas reguladas por el prestador del servicio y que se componen de las siguientes partes: el registrador que se encuentra en la parte superior y es allí donde se puede ver la medida del volumen consumido, las características técnicas, el sello de aprobación y su capacidad, y el tren de reducción en el que se encuentran los imanes y engranajes que conectan la cámara de registro con los elementos de medición y mueven el contador para el registro del consumo (ARCA, 2022b).

Estos medidores se pueden clasificar como de Chorro Único, Chorro Múltiple, Disco Oscilante y Pistón Rotativo, diferenciándose los dos primeros por ser de velocidad y los últimos de volumen (ARCA, 2022b).

2.1.3 Catastro de usuarios

El catastro de usuarios es un listado de datos identificadores de los usuarios que reciben el servicio, en el que se registra el tipo de categoría a la que pertenece para designar la tarifa que se aplicará a su consumo, dividiéndose en categoría doméstica, comercial, industrial y pública (Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, 2006).

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ, 2016) señala que el catastro posibilita una exacta identificación y localización de los usuarios, lo cual se logra mediante el uso de sistemas de información que incluyen bases de datos y cartografía detallada en las que se registran las características de los predios a través de códigos numéricos predefinidos y permiten al prestador de servicios de agua potable y alcantarillado conocer la localización, categorización e identificación de las acometidas de los usuarios.

Los catastros se emplean de tal manera que facilitan el acceso a información completa proporcionada por empresas de agua potable y saneamiento sobre los usuarios del servicio, identificando cuáles lotes o predios cuentan con conexiones y aquellos que no, lo cual incluye el registro exhaustivo de todos los usuarios, ya sean reales, potenciales, factibles o incluso clandestinos, e identifican la actividad económica que llevan a cabo para determinar su categoría (GIZ, 2016).

Los catastros de usuarios constan de tres componentes principales: planos, información y bases de datos, las cuales son gestionadas a través de sistemas informáticos y tabulación de datos (GIZ, 2016).

La prestación del servicio de agua potable considera como usuarios a aquellas personas naturales o jurídicas que se encuentran dentro de la zona de influencia del sistema de agua potable, clasificándose en usuarios reales, posibles, factibles o potenciales (Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, 2006).

2.1.3.1 Tipos de clientes

a) Clientes reales

Corresponden a aquellos predios que cuentan con su información registrada en la base de datos del catastro de usuarios y poseen una conexión legal de agua potable o alcantarillado, respaldada por un contrato o factura del servicio (EPMAPS, 2015; GIZ, 2016).

b) Clientes potenciales

Se refieren a aquellos lotes o predios que actualmente no poseen una cuenta activa ni se encuentran registrados en el catastro de usuarios debido a la falta de acceso a la red matriz del servicio de agua, de tal manera que, la empresa prestadora del servicio de agua potable debe realizar estudios específicos que permitan su incorporación (EPMAPS, 2015; GIZ, 2016).

c) Clientes factibles

Son los predios que, teniendo acceso a la red matriz de agua potable o alcantarillado frente a sus lotes o predios, no han establecido una conexión domiciliaria o no han abierto una cuenta de servicio debidamente registrada en el catastro de usuarios (EPMAPS, 2015; GIZ, 2016).

d) Clientes clandestinos

Representan a los usuarios que utilizan los servicios de agua potable y alcantarillado sin contar con la autorización necesaria por parte de la empresa proveedora, entendiendo que estos individuos se han conectado por su cuenta a la red matriz y no figuran en el registro del catastro (GIZ, 2016).

2.2 Demanda de agua.

La demanda de agua está directamente influenciada por la población, dado que este recurso natural es utilizado tanto por usuarios domésticos como comerciales e industriales (Morales y Rodríguez, 2007).

Al satisfacer la demanda, el área de cobertura del servicio corresponde a un polígono definido en un área geográfica en la cual el oferente del servicio de agua potable suministra este servicio, en donde la cobertura del servicio de las empresas públicas es delimitada por la ordenanza de creación, mientras que, el área de cobertura de los Gobiernos Autónomos Descentralizados se define por toda la jurisdicción que estos tengan (ARCA, 2022b).

Como indica Mihelcic y Zimmerman (2012) los modelos para estimar la demanda buscan que se asemeje y simule el sistema existente con exactitud y sirva como herramienta para la planificación de diseños futuros.

2.2.1 Población.

2.2.1.1 Censos poblacionales.

Según indica el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2022a) los censos poblacionales son una herramienta fundamental para la actualización de información, con el objetivo de recopilar y difundir datos estadísticos sobre aspectos de la población como las características, distribución geográfica, composición y datos sobre los hogares, proporcionando información que facilite la planificación y toma de decisiones en la creación o modificación de políticas públicas.

Los censos de población modernos se caracterizan por dos aspectos fundamentales: en primer lugar, tienen un propósito estrictamente estadístico ya que están destinados a recabar información sobre las características y estado de la población; y, en segundo lugar, estos constituyen operaciones institucionales oficiales pero no se consideran documentos públicos

o administrativos, lo cual implica que la información recogida sobre cada individuo queda protegida y no puede ser empleada para fines distintos al análisis estadístico (Susino, 2016).

La institución encargada de realizar los censos de manera oficial en el Ecuador es el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), cuyos últimos censos realizados corresponden a los años 1990, 2001, 2010 y 2022, que corresponden a censos de población y vivienda y que han recabado información sobre las características económicas y sociales de los habitantes del país.

2.2.1.2 Proyecciones demográficas.

Las proyecciones demográficas son estimaciones que muestran la tendencia sobre el curso futuro de las variables demográficas básicas, siendo independiente de la mayor o menor probabilidad de ocurrencia (Susino, 2016).

Como señala Mihelcic y Zimmerman (2012) en la determinación de la demanda futura de agua potable se requiere considerar las necesidades económicas, ambientales y sociales para el contexto presente y futuro de la población servida para una planificación a largo plazo.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (1992) para la determinación de la población futura realiza proyecciones de crecimiento geométricas, aritméticas, comparativas y de incrementos diferenciales, considerando parámetros de aspecto económico, social y geopolítico que influyen en el crecimiento demográfico.

2.2.1.3 Población servida.

Según indica la EPMAPS (2023) la población servida de agua potable corresponde al número de personas que se encuentran en el área que se va a abastecer y cuentan con el servicio de agua potable; se determina la población servida actual, realizando la suma entre la población servida de un mes anterior y el aumento de población servida a la fecha del cálculo; este incremento de población servida proviene de la cantidad total de nuevas conexiones.

Para la determinación de la población servida, se debe considerar la población a la que se va a abastecer tanto en el año actual como la prevista en el horizonte de diseño, para lo cual es posible recurrir a los institutos de estadísticas o a la estimación de una densidad poblacional específica según el tipo de asentamiento, mientras que, para estimar la población en el horizonte del proyecto, normalmente se utilizan parámetros urbanísticos y de uso de suelos,

recurriendo a la interpolación de curvas de crecimiento poblacional basadas en métodos estadísticos (Trapote, 2017).

2.2.2 Dotación neta por categoría de usuario

Como indican William Lozano y Guillermo Lozano (2015) la dotación neta se refiere a la cantidad de agua potable que es requerida por un habitante para satisfacer sus necesidades básicas en el lapso de un día sin tomar en cuenta las pérdidas que se puedan producir en la red de abastecimiento, la cual, en el caso de contar con datos de macromedición y micromedición, se debe determinar por medio del análisis de registros históricos de consumos de agua potable.

En ausencia de datos de consumo específicos, se pueden instalar dispositivos de micromedición en usuarios representativos de cada categoría dentro de la red; alternativamente, se puede recurrir a datos de poblaciones similares, considerando factores como temperatura, nivel socioeconómico, calidad del agua, desarrollo industrial, población flotante y mediciones de micromedición para estimar una dotación neta en litros por habitante por día (l/hab*día) (Lozano y Lozano, 2015).

2.2.2.1 Dotación neta doméstica

El usuario doméstico según lo define la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS, 2015) incluye aquellas derivaciones o instalaciones que se encuentran en inmuebles destinados a viviendas como casas, condominios o urbanizaciones, villas, edificios con departamentos; los lotes baldíos que no cuenten con ningún tipo de vivienda se asumirán como de uso doméstico.

Como indica el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2015) se establece como mínimo un suministro de 100 litros por habitante por día en una familia de cinco integrantes para satisfacer las necesidades más básicas, tomando en cuenta el hecho de que estas personas tienen que recogerla y recorrer largas distancias.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (1992) propone una tabla de dotaciones recomendadas, que considera la cantidad de habitantes y su tipo de clima, como se observa en la tabla 2.

Tabla 2: Dotaciones de agua potable recomendadas (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992, p. 42).

Población	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

Como indica el Instituto Ecuatoriano de Normalización (2014) la dotación básica para una población mayor a 500 habitantes por hectárea de clima templado es de 135 litros por habitantes por día, así también, para una población entre 201 a 500 habitantes por hectárea para un clima templado la dotación es de 160 litros/habitante*día.

Como referencia se indica que la Empresa Pública de Medellín norma para los diseños una tabla de rangos de consumos dependiendo si este es residencial u obrero, de clase media o de clase alta, que va desde los 150 l/hab*día para el primer caso, hasta los 350 l/hab*día (Corcho y Duque, 2005).

2.2.2.2 Comercial, industrial y otros

La categorización efectuada por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS, 2015) para definir los distintos usos de la conexión de agua potable para aquellos usuarios que no son del tipo doméstico son: Comercial, Municipal, Industrial, Oficial, Público e Instituciones sin fines de lucro.

- Usuario comercial: son aquellos con conexiones destinadas a actividades lucrativas sin involucrar este recurso como materia prima, como pueden ser: salas de espectáculos, edificios de oficinas, centros de educación, hoteles, bancos, gimnasios, almacenes o bodegas, gasolineras, entre otros (EPMAPS, 2015).
- Usuario municipal: aquellos dedicados a actividades de servicio municipal o comunitarias como mercados, empresas públicas metropolitanas, centros de educación municipales, centros deportivos municipales, entre otros (EPMAPS, 2015).
- Usuario industrial: aquellos con conexiones donde el agua se considera materia prima en la producción de bienes o servicios como fábricas de bebidas o gas carbónico, fábricas de

jabones, embotelladoras, fábricas de papel, plantas de limpieza, curtiembres, fábrica de pinturas, fábricas de vidrio, industrias metalúrgicas, fábricas de bloques o ladrillos, entre otros (EPMAPS, 2015).

- Usuario oficial: usuario estatal que esté destinado a desarrollar actividades oficiales como ministerios, universidades, hospitales, instituciones públicas, embajadas, entre otros (EPMAPS, 2015).
- Usuario público: aquel que beneficia a la colectividad mediante el servicio de agua potable como un estadio, piscinas públicas, parques, grifos, lavanderías, entre otros (EPMAPS, 2015).
- Usuario instituciones sin fines de lucro: fundaciones y corporaciones privadas sin fines de lucro aprobadas por el organismo de control respectivo como pueden ser: iglesias, conventos, organizaciones no gubernamentales, entre otras (EPMAPS, 2015).

2.2.2.3 Factores que inciden en el consumo de agua potable.

Como expresa Morote A. (2017) en su análisis, existen 5 líneas de estudio que relacionan los factores que inciden en el consumo de agua: el primer aspecto es el socio-demográfico que toma en cuenta la incidencia del número de residentes, la edad de los mismos y su procedencia; el segundo es el factor político-económico, nivel de renta y políticas de agua, teniendo en cuenta el modelo urbano dictaminado por la tipología urbana; el tercer aspecto son las características del hogar y naturaleza urbana; el cuarto aspecto es la influencia de las condiciones climáticas de temperatura y precipitaciones; y, el quinto aspecto es la participación de factores psicológicos de posición social, arraigo a la zona y percepción ambiental.

Dependiendo de la sectorización de la zona, determinada por el uso de suelos ya sean residenciales, comerciales o industriales, impondrán una tendencia de consumo predominante, es decir si la zona es residencial entonces los consumos domésticos serán los predominantes mientras que, si se trata de una zona comercial o industrial, esta será la predominante en los consumos (Corcho y Duque, 2005).

Los factores meteorológicos determinarán para cada época del año un tipo de consumo diferente, al tener variaciones de precipitaciones y temperatura ambiental que pueden influenciar en la higiene de las personas variando el consumo per cápita (Corcho y Duque, 2005).

3 Descripción del sistema de agua potable de la parroquia Conocoto

3.1 Fuentes de abastecimiento de agua.

El agua que abastece a la planta de tratamiento de Conocoto y sus dos plantas paquete proviene de la captación bocatoma del sistema Pita. La toma de agua cruda se realiza por medio de una rejilla de fondo (Departamento captaciones y conducciones EPMAPS, comunicación personal, 14 de mayo de 2024).

La planta de tratamiento Tesalia que forma parte del sistema de agua potable de la parroquia de Conocoto, se abastece de las vertientes Tesalia ubicadas en Machachi; la captación se realiza mediante un tanque de cabecera en conjunto con una pequeña estructura de retención (Departamento captaciones y conducciones EPMAPS, comunicación personal, 14 de mayo de 2024).

3.2 Líneas de conducción.

La conducción que lleva el agua cruda a la planta de tratamiento de Conocoto y sus dos plantas paquete, se realiza por medio de una tubería de asbesto de 20 pulgadas, en la cual se encuentran accesorios como válvulas mariposa, cámaras de aireación y válvulas de aire; llevando un caudal aproximado de 250 l/s (Departamento captaciones y conducciones EPMAPS, comunicación personal, 14 de mayo de 2024).

La conducción de la planta de tratamiento Tesalia se realiza por medio de una tubería de hierro dúctil con diámetros de 600, 700 y 800 mm y longitud aproximada de 16 km, en los cuales se encuentra 65 cámaras de válvulas, tanto de aire como de desagüe, con diámetros entre 6 y 32 pulg, y transporta un caudal de 400 l/s (Departamento captaciones y conducciones EPMAPS, comunicación personal, 14 de mayo de 2024).

3.3 Planta de tratamiento de agua potable.

Conocoto se abastece de 5 plantas de tratamiento: la planta de tratamiento de Conocoto con sus dos plantas paquete, planta Tesalia y planta Puengasí Bajo. La planta de tratamiento de Conocoto es una planta de tipo convencional, con una capacidad aproximada de 200 litros por segundo, que permite el ingreso de agua cruda por medio de un vertedero rectangular (S. Duchí y M. Fernández, comunicación personal, 9 de abril de 2024). Cuenta con un mini laboratorio que determina las condiciones del agua cruda a su ingreso, para poder hacer la dosificación de los coagulantes.

El agua cruda ingresa por un canal de acceso que está dotado de una rejilla antes del proceso de mezcla rápida; se hace la dosificación del coagulante al inicio del primer canal del floculador, añadiendo sulfato de aluminio (S. Duchi y M. Fernández, comunicación personal, 9 de abril de 2024).

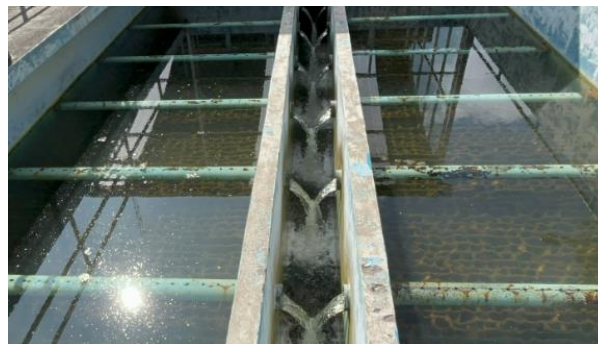
El proceso de floculación se realiza con un floculador hidráulico de mamparas que cuenta con un total de 23 mamparas que se observan en la fotografía 1, en el que el tiempo de floculación es de aproximadamente 20 minutos desde el ingreso hasta la salida que conecta con el sedimentador (S. Duchi y M. Fernández, comunicación personal, 9 de abril de 2024).

Fotografía 1: Pantallas del floculador de la planta de tratamiento de Conocoto



La planta de tratamiento está equipada con tres sedimentadores de placas de alta tasa, con recolección del efluente mediante tuberías perforadas que descargan a un canal recolector de agua clarificada. (S. Duchi y M. Fernández, comunicación personal, 9 de abril de 2024). El sedimentador se observa en la fotografía 2.

Fotografía 2: Sedimentador de la planta de tratamiento de Conocoto



El agua sedimentada se conduce a seis filtros rápidos descendentes de tasa constante en el cual el medio filtrante está constituido por arena y antracita, que cuentan con una canaleta

superior de retrolavado, cuyo lavado se programa cada 48 horas. (S. Duchi y M. Fernández, comunicación personal, 9 de abril de 2024). El filtro se observa en la fotografía 3.

Fotografía 3: Filtro de la planta de tratamiento de Conocoto



En el proceso de desinfección se inyecta cloro gas contenido en tanques, regulado de acuerdo con la necesidad que se tenga después de un análisis de cloro residual de una muestra tomada en la cámara de distribución; la solución de cloro se realiza en el canal saliente del filtro. (S. Duchi y M. Fernández, comunicación personal, 9 de abril de 2024).

En la cámara de distribución se controlan los niveles de agua y se toman muestras para el cloro residual; se cuenta con dos tanques de reserva de 2000 m³ de capacidad en conjunto, que distribuyen a la línea de distribución de Santa Mónica y a la línea de San Juan con un diámetro de 6 pulgadas cada una (S. Duchi y M. Fernández, comunicación personal, 9 de abril de 2024).

Adicionalmente, se cuenta con las dos plantas paquete que tratan un promedio de 18 l/s cada una, que disponen de unidades de coagulación, cámara de clarificación y decantación de lodos, de la cual su efluente se envía a un total de 3 filtros rápidos a presión con estrato de arena, que descarga su efluente en conjunto con la planta de tratamiento de Conocoto para ser desinfectado con cloro (S. Duchi y M. Fernández, comunicación personal, 9 de abril de 2024). Las dos plantas paquete se observan en la fotografía 4.

Fotografía 4: Planta de tratamiento paquete de Conocoto



La planta de tratamiento Tesalia a diferencia de la planta de tratamiento de Conocoto solo realiza procesos de aireación para reducir la concentración de gas carbónico que es característico del agua cruda, más desinfección con cloro como procesos de tratamiento, para su posterior almacenamiento y distribución (Operador de la planta de tratamiento Tesalia, comunicación personal, 19 de mayo de 2024).

3.4 Tanques de reserva.

La planta de tratamiento de Conocoto en conjunto con las dos plantas paquete abastecen a 7 tanques: Ontaneda Alto, San Juan Alto, San Juan Medio, San Juan Bajo, Seis de Diciembre, Santa Mónica y los Arupos; la planta de Puengasí Bajo abastece al tanque San José de Oleas; y los tanques Miranda, Andaluz y Nuevos Horizontes son abastecidos por la planta de tratamiento Tesalia (Gerencia de Operaciones EPMAPS, 2024a).

La planta de tratamiento de Conocoto cuenta con dos tanques de almacenamiento de 1000 m³ cada uno y una cota de fondo de 2883 m.s.n.m., el resto de los tanques de la red poseen una capacidad entre 500 a 3000 m³, identificando la cota de fondo más baja en el tanque San Juan Bajo de Conocoto con 2583 m.s.n.m. Los tanques abastecidos por la planta de tratamiento de Puengasí y el sistema Tesalia tienen capacidades entre 250 a 3100 m³, con la cota de fondo más baja correspondiente al tanque San José de Oleas con 2480 m.s.n.m., teniendo en cuenta que todos los tanques de la red de abastecimiento son enterrados, y cuentan con dispositivos de macromedición en gran parte de ellos (Gerencia de Operaciones EPMAPS, 2024a).

3.5 Redes de distribución.

La longitud de la red de distribución de Conocoto es aproximadamente de 49.61 km, con alrededor de 670 hidrantes; la configuración de la red de distribución de la parroquia de

Conocoto es una combinación entre redes cerradas y abiertas con un área de servicio que se divide en 27 zonas, y un área de cobertura de 4017.19 Ha, con zonas despobladas de 296.16 Ha y zona sin cobertura de 493.25 Ha. Según la Gerencia de Operaciones de EPMAPS (2024b) en febrero de 2024 se consumieron 1 173 702 metros cúbicos y se tuvo un índice de agua no contabilizada de aproximadamente 32.72%.

La red de distribución se compone principalmente de tubería de policloruro de vinilo (PVC), pero también cuenta con tramos de tubería de acero, asbesto cemento, polietileno de alta densidad y hierro fundido, con diámetros entre 25 y 500 mm (Gerencia de Operaciones EPMAPS, 2024a).

3.6 Catastro de usuarios.

La Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito, mantiene un catastro en la parroquia rural de Conocoto que comprende un registro que incluye datos gráficos y alfanuméricos, con la información de clientes, número de predio, conexiones de agua potable y/o alcantarillado, señalando su ubicación física mediante códigos únicos, los cuales están registrados tanto en el sistema comercial de la empresa como en el Sistema de Información Geográfico. (EPMAPS, 2015).

El sistema computacional SigISU edición V3.0 tiene interconexión con el sistema de catastro del Municipio de Quito, obteniendo información como: número de cédula o registro único de contribuyentes, número de predio, estado del predio, geo clave, coordenadas del sistema de referencia espacial del Distrito Metropolitano de Quito, uso de suelo, clasificación estructural, año de construcción y destino económico; así mismo, en el sistema ArcMap se realizan las modificaciones relacionadas a la disposición de lotes e información geográfica, actualizando en tiempo real al sistema informático SigISU edición V3.0 (K. Cortez, comunicación personal, 15 de abril de 2024).

La información del cliente incluye el número de cuenta de agua potable y alcantarillado, el sector, la manzana y la secuencia para la geolocalización, que también incluye el código postal del lote; adicionalmente, se dispone la cuenta contrato, la fecha de suscripción, diámetro de la conexión y el nombre de las calles, siendo estos últimos datos que se obtienen gracias a la interconexión de EPMAPS con el sistema de registro de datos de la EPMOP, la cual proporciona información adicional sobre el tipo de calle y el material de la capa de rodadura; además, la información de instalación contiene el nombre del titular de la cuenta,

teléfonos, email, tipo de consumo, tipo de tarifa, tipo de cliente, clase de instalación y todas la ordenes de servicio realizadas o en ejecución. (K. Cortez, comunicación personal, 15 de abril de 2024). Los datos registrados del medidor son: número, marca, diámetro y fecha de instalación; (K. Cortez, comunicación personal, 15 de abril de 2024).

4 Determinación de consumos.

4.1 Metodología para la determinación de consumos.

Se procesaron los datos proporcionados por la EPMAPS, que contenía la siguiente información: listado con los números de instalación correspondientes a los usuarios de la parroquia de Conocoto, fecha en la que se toma la medida de consumo mensual de cada instalación, cantidad de agua consumida por cada instalación durante el periodo reportada en metros cúbicos y listado que indica el tipo de categoría de usuario de cada instalación correspondiente al mes de consumo, reportado como doméstico, comercial, industrial, municipal, oficial, público o sin ánimo de lucro.

4.1.1 Número de usuarios anual por categoría

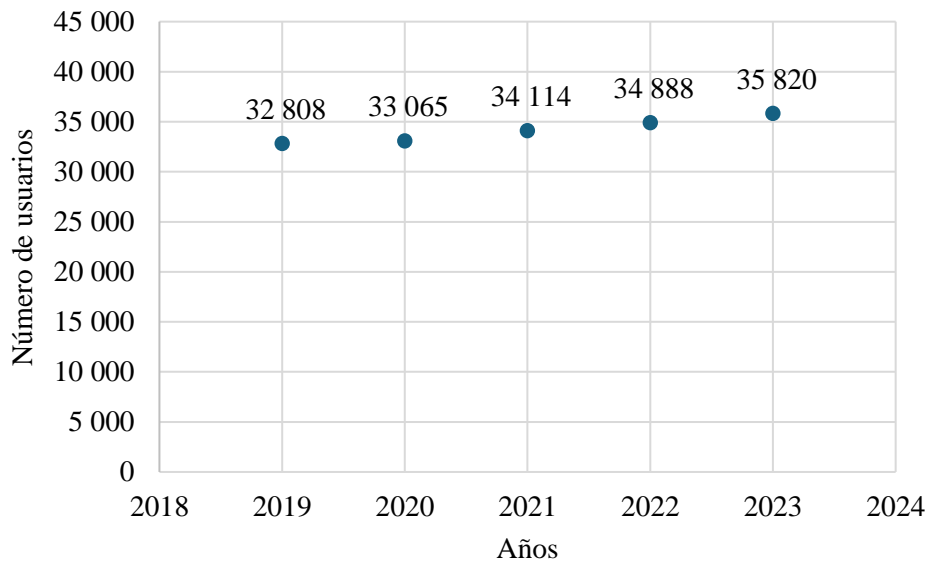
Para determinar el número de usuarios anuales por categoría, se contabilizaron todos los usuarios del mismo tipo, que reportaban un consumo mayor a 0 m³. En la tabla 3 se presenta el número de usuarios totales de cada categoría.

Tabla 3: Número total de usuarios por categoría de la red de agua potable de la parroquia Conocoto durante el periodo 2019 - 2023.

Categoría de usuario	2019	2020	2021	2022	2023
Doméstico	30 567	30 800	31 802	32 613	33 346
Comercial	2 027	2 041	2 105	2 128	2 185
Industrial	52	52	52	75	81
Municipal	22	21	22	24	20
Oficial	52	52	53	55	55
Público	53	53	49	55	52
Sin Ánimo de Lucro	47	46	43	45	81
Total	32 808	33 065	34 114	34 888	35 820

En la figura 1 se presenta el número total de usuarios de todas las categorías en cada año del período de análisis 2019 – 2023, tomados de la tabla 3.

Figura 1: Número total de usuarios por año, de la parroquia Conocoto durante el periodo 2019 – 2023.



4.2 Determinación anual de consumos unitarios por categoría de usuarios.

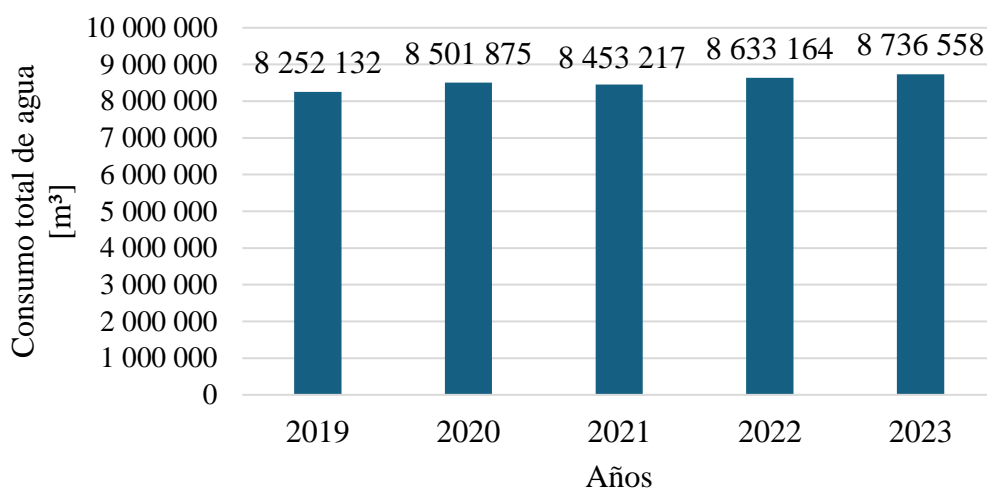
Para determinar los consumos anuales por categoría de usuario se sumó el consumo de todos los usuarios que reportaban un consumo mensual y pertenecían a una misma categoría. En la tabla 4 se presentan los consumos anuales totales de cada categoría de usuario.

Tabla 4: Consumo total de agua potable por categoría de usuario por año de la parroquia Conocoto

Categoría de usuario	Consumo total anual [m ³]					Total
	2019	2020	2021	2022	2023	
Doméstico	6 967 936	7 370 499	7 393 307	7 436 274	7 504 481	36 672 497
Comercial	837 305	769 109	763 626	775 585	799 799	3 945 424
Industrial	79 149	67 124	64 059	110 734	109 270	430 336
Municipal	40 060	43 082	20 387	32 837	36 738	173 104
Oficial	251 617	191 174	149 710	194 149	224 590	1011 240
Público	15 977	12 444	14 008	24 292	26 111	92 832
Sin Ánimo de Lucro	60 088	48 443	48 120	59 293	35 569	251 513
Total	8 252 132	8 501 875	8 453 217	8 633 164	8 736 558	42 576 946

En la figura 2 se presenta el consumo total de agua en m³ para cada uno de los años del período de análisis 2019 - 2023, tomados de la tabla 4.

Figura 2: Consumo total de agua potable por año durante el periodo 2019-2020.



4.2.1 Consumo total mensual de la parroquia Conocoto

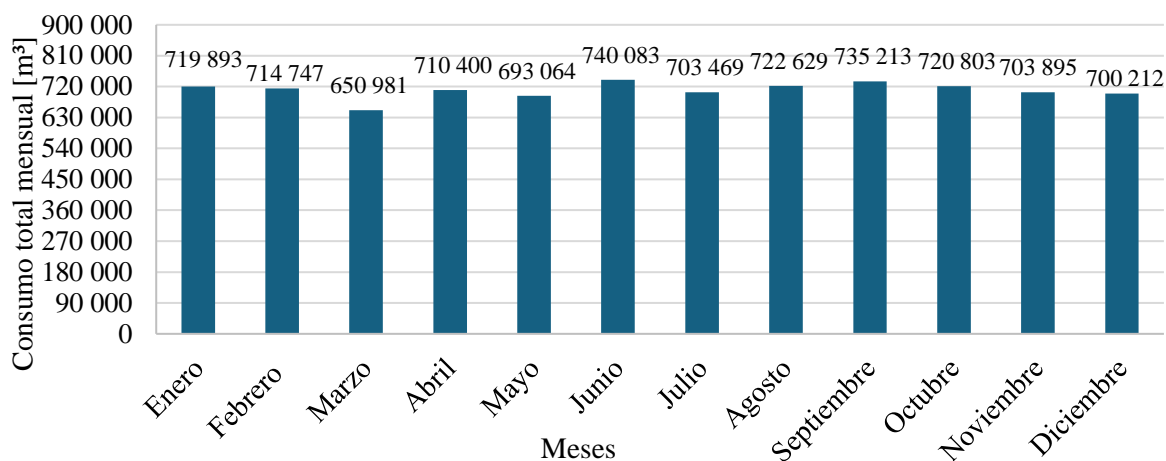
A base de los consumos de todos los usuarios correspondientes a un mismo mes, se obtuvo el consumo mensual total de cada año, que se observan en la tabla 5. Con los datos de consumo total mensual, se estimó un promedio mensual para los 5 años del periodo de análisis.

Tabla 5: Consumo total de agua potable por mes durante el periodo 2019-2023.

Mes	Consumo total mensual [m³]					Promedio
	2019	2020	2021	2022	2023	
Enero	687 968	719 350	756 265	727 706	708 178	719 893
Febrero	690 572	709 563	671 589	748 385	753 627	714 747
Marzo	638 757	646 870	632 477	667 194	669 608	650 981
Abril	689 510	686 660	716 274	733 709	725 847	710 400
Mayo	703 554	676 836	696 407	705 725	682 798	693 064
Junio	672 195	855 492	689 478	718 829	764 422	740 083
Julio	684 210	660 612	703 147	737 324	732 053	703 469
Agosto	749 789	721 798	737 117	682 997	721 444	722 629
Septiembre	709 088	710 917	748 275	734 188	773 598	735 213
Octubre	739 990	725 376	692 351	723 959	722 337	720 803
Noviembre	630 265	719 021	686 536	723 636	760 015	703 895
Diciembre	656 234	669 380	723 301	729 512	722 631	700 212
Total	8 252 132	8 501 875	8 453 217	8 633 164	8 736 558	8 515 389

En la figura 3 se presenta el consumo promedio mensual de todas las categorías durante los 5 años del periodo 2019 – 2023, tomados de la tabla 5.

Figura 3: Consumo promedio mensual de todas las categorías durante el periodo 2019 – 2023.



4.2.2 Consumo promedio por mes de los usuarios domésticos

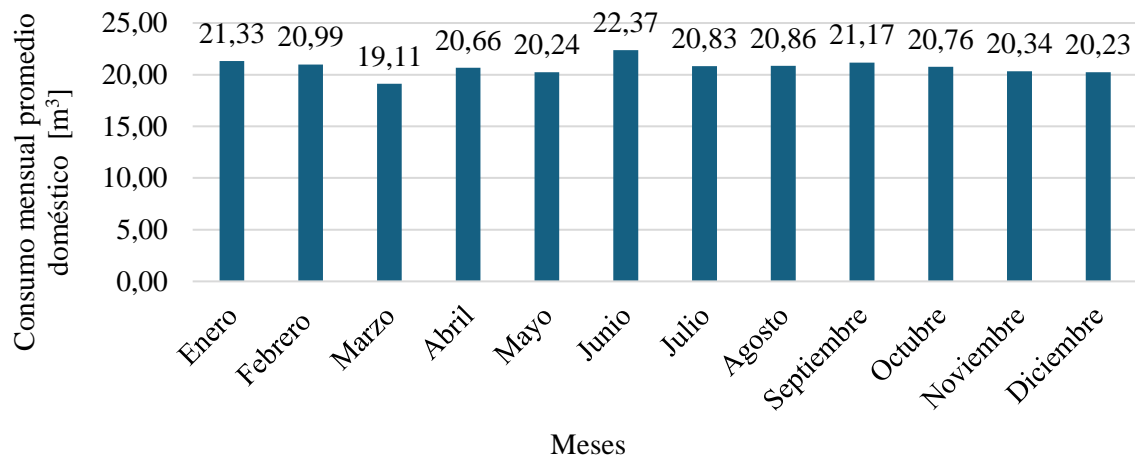
Para determinar el consumo promedio mensual de los usuarios domésticos, se dividió el consumo total mensual de la categoría para el número de usuarios, según consta en el anexo 1, y cuyos resultados se presentan en la tabla 6.

Tabla 6: Consumo mensual promedio del usuario doméstico, durante el periodo 2019-2023.

Mes	Consumo mensual promedio del usuario doméstico [m³]					Promedio mensual
	2019	2020	2021	2022	2023	
Enero	20.90	21.37	23.06	21.20	20.14	21.33
Febrero	20.76	20.87	20.48	21.69	21.14	20.99
Marzo	19.04	19.18	19.24	19.31	18.77	19.11
Abril	20.17	19.84	21.95	20.92	20.42	20.66
Mayo	20.91	19.59	21.16	20.26	19.27	20.24
Junio	19.92	29.36	20.87	20.45	21.23	22.37
Julio	20.24	21.68	20.78	21.16	20.29	20.83
Agosto	21.95	22.04	21.51	19.07	19.74	20.86
Septiembre	20.70	21.55	21.83	20.62	21.13	21.17
Octubre	21.81	21.84	20.29	20.18	19.68	20.76
Noviembre	18.82	21.67	20.06	20.21	20.93	20.34
Diciembre	19.48	20.14	21.07	20.62	19.86	20.23
Promedio	20.39	21.59	21.03	20.47	20.22	20.74

En la figura 4 se observan los consumos domésticos promedio mensuales en el período 2019 – 2023, con datos tomados de la tabla 6.

Figura 4: Consumo promedio mensual del usuario doméstico, durante el periodo 2019-2023.



4.2.3 Consumo unitario promedio anual por categoría de usuario

Para determinar la dotación en l/hab*día para los usuarios domésticos, se consideró el consumo mensual, el número de personas promedio que conforma un hogar según la información del INEC para el año 2022 (3,2 personas por familia) y el número de días correspondientes al mes de consumo; para el efecto no se consideraron aquellos usuarios que reportaban consumos de 0m³.

Para las demás categorías, se consideró el consumo mensual, el número de usuarios y el número de días correspondientes al mes de consumo, para así obtener el consumo unitario en l/usuario*día.

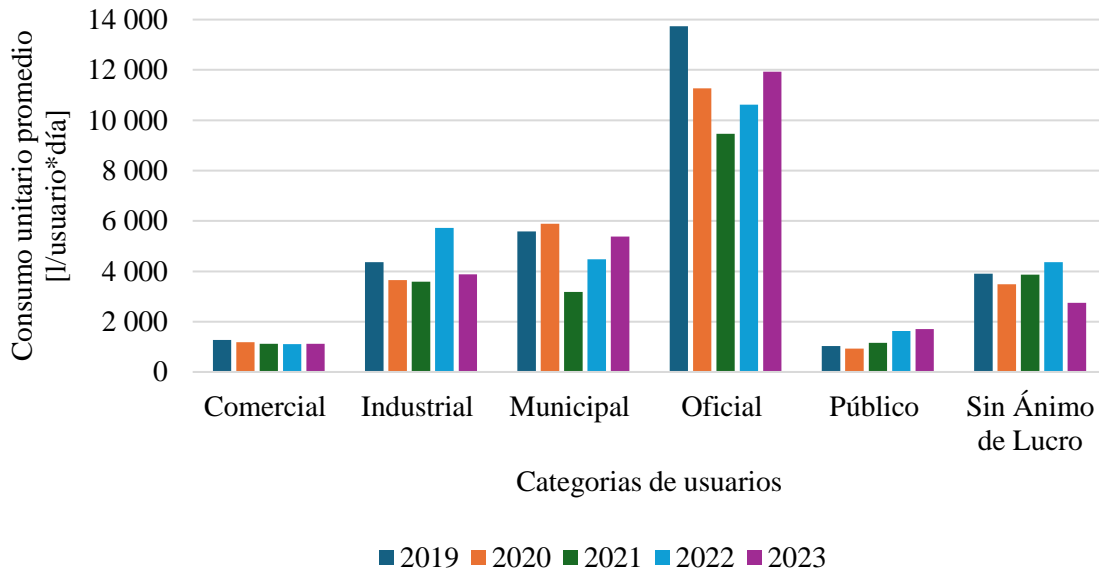
Los consumos unitarios de cada categoría de usuario constan en la tabla 7.

Tabla 7: Consumo unitario promedio diario por categoría de usuario, durante el periodo 2019 - 2023.

Consumo unitario promedio por usuario [l / usuario * día]						
Categoría de usuario	2019	2020	2021	2022	2023	Promedio
Comercial	1 272	1 186	1 118	1 109	1 122	1 161
Industrial	4 359	3 646	3 588	5 726	3 877	4 239
Municipal	5 582	5 890	3 185	4 471	5 378	4 901
Oficial	13 735	11 265	9 462	10 622	11 929	11 403
Público	1 034	926	1 156	1 623	1 707	1 289
Sin Ánimo de Lucro	3 902	3 489	3 867	4 366	2 745	3 674

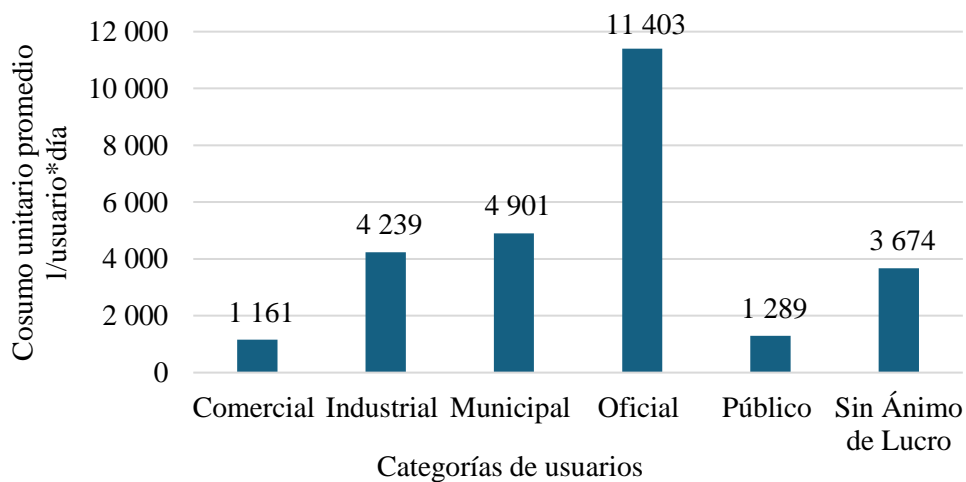
En la figura 5 se presentan los consumos unitarios promedios de cada categoría de usuario reportados en litros/usuario*día, para cada año del periodo 2019 – 2023

Figura 5: Consumo unitario promedio diario de agua potable por categoría de usuario (excluye usuario doméstico), durante el periodo 2019 – 2023.



En la figura 6 se ven representados los consumos unitarios promedio de cada una de las categorías de usuario, sin tomar en cuenta la categoría doméstica por el hecho de tener una unidad de medida diferente.

Figura 6: Gran promedio de consumos unitarios por usuario durante el periodo 2019 – 2023.



4.2.4 Dotación promedio anual de usuario doméstico

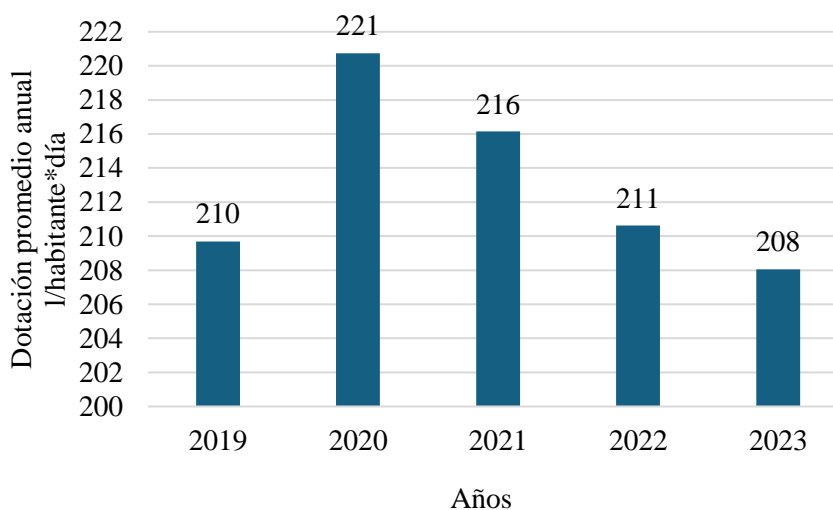
La dotación promedio anual doméstica se determinó a base de los datos que se observan en el anexo 1, considerando las dotaciones promedio mensuales de cada usuario y la cantidad total de usuarios domésticos de cada año del periodo 2019 – 2023, cuyos resultados se observan en la figura 7 y Tabla 8.

Tabla 8: Dotación promedio anual del usuario doméstico durante el periodo 2019 – 2023.

Dotación promedio del usuario doméstico [l / habitante * día]						
Categoría de usuario	2019	2020	2021	2022	2023	Promedio
Doméstico	210	221	216	211	208	213

En la figura 7 se ven reflejadas las dotaciones promedio del usuario doméstico durante el periodo 2019 – 2023.

Figura 7: Dotación promedio anual del usuario doméstico durante el periodo 2019-2023.



4.3 Crecimiento poblacional de la parroquia Conocoto.

Los datos de población se tomaron de la información reportada por el INEC de los censos de 1990, 2001, 2010 y 2022. Para determinar la tasa de crecimiento entre los años censados, se utiliza la ecuación (1) del modelo geométrico para representar el comportamiento del crecimiento de la población de la parroquia rural de Conocoto.

$$r = \left(\sqrt[n]{\frac{P_f}{P_o}} \right) - 1 \quad (1)$$

Donde:

r = tasa de crecimiento.

Pf = población futura.

Po = población inicial.

n = número de años entre Po y Pf.

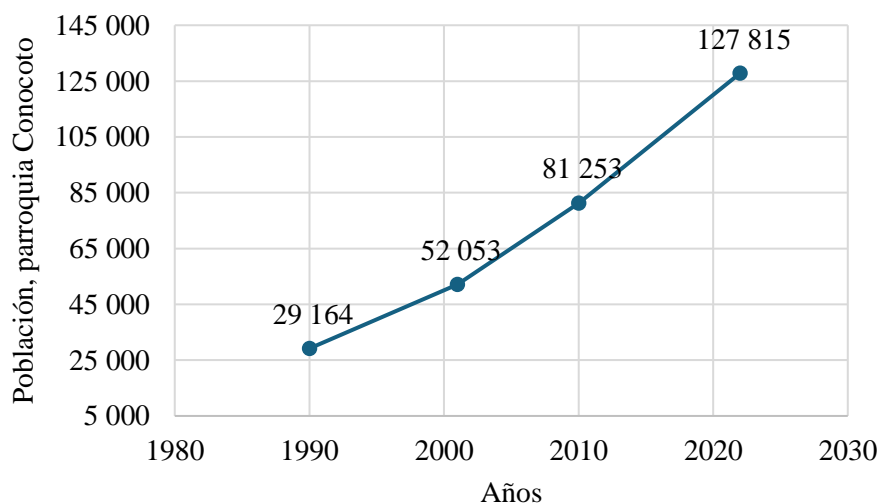
En la tabla 9 se observan los valores de población de la parroquia de Conocoto reportados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (2023) y las tasas de crecimiento poblacional determinadas con la ecuación (1).

Tabla 9: Población de la parroquia de Conocoto reportada por el INEC y tasa de crecimiento en períodos intercensales.

Años	Población	Tasa de crecimiento geométrica [%]
1990	29 164	
2001	52 053	5.41
2010	81 253	5.07
2022	127 815	3.85

En la figura 8 se presenta la población estimada de la parroquia de Conocoto de cada año del periodo 2019 – 2023, con los datos que se observan en la tabla 9.

Figura 8: Población de Conocoto según los datos reportados por el INEC en los censos 1990, 2001, 2010 y 2022.



4.3.1 Proyección demográfica de la parroquia Conocoto para el periodo 2019-2023.

Para estimar la población de los 5 años que comprenden el periodo 2019 - 2023 se consideraron tres modos de proyección a partir de los datos históricos de población reportados por el INEC en los últimos censos:

- a) Proyección considerando el modelo exponencial ajustado a los datos censales.

La ecuación (2) define un comportamiento exponencial y fue obtenida como la curva de mejor ajuste tomada del software Excel con los datos de población de los años censados por el INEC.

$$y = 3 * 10^{36 * e^{0.0463 * x}} \quad (2)$$

Donde:

x = año en el que se quiere obtener el número de habitantes.

y = número de habitantes.

- b) Proyección considerando el modelo cuadrático ajustado a los datos censales.

Se consideró una ecuación polinómica de segundo grado para la proyección demográfica en los años de análisis. Esta ecuación se obtuvo como la curva de mejor ajuste a los datos de población de los censos realizados. Se realizaron ajustes a los coeficientes con el objetivo de que la proyección para el año 2022 coincida con el dato del censo de ese año. Este resultado se muestra en la ecuación (3).

$$y = 169\,079\,705 - 171605 * x + 43.54509398 * x^2 \quad (3)$$

Donde:

x = año en el que se quiere obtener la población.

y = número de habitantes.

En la tabla 10 se observan los valores de población de la parroquia de Conocoto calculados con la ecuación (3) para cada uno de los años de los censos y la población reportada por el INEC en los censos respectivos, en los que se observa un alto coeficiente de determinación 0,9998545.

Tabla 10: Población determinada con la ecuación (3), poblaciones del INEC y el coeficiente de determinación de los datos.

Años	Población según censos INEC	Población calculada con ecuación (3)
1990	29 164	28 682
2001	52 053	52 700
2010	81 253	80 189
2022	127 815	127 815

c) Proyección considerando el modelo exponencial con la tasa de crecimiento definida por el INEC

Para la proyección de la población de los años de análisis del periodo 2019 – 2023 se utilizó también la tasa constante reportada por el INEC (2022b) correspondiente al 3.77% anual en la ecuación del modelo geométrico antes referida (ecuación 1), como se indica a continuación en la ecuación (4).

$$Pf = (0.0377 + 1)^n * 81\ 253 \quad (4)$$

Donde:

Pf = población futura.

n = número de años entre 2010 y el año al que corresponde Pf.

En la tabla 11 se observa un resumen de la proyección demográfica de la parroquia Conocoto para el periodo 2019 - 2023, determinados por cada uno de los tres criterios antes explicados.

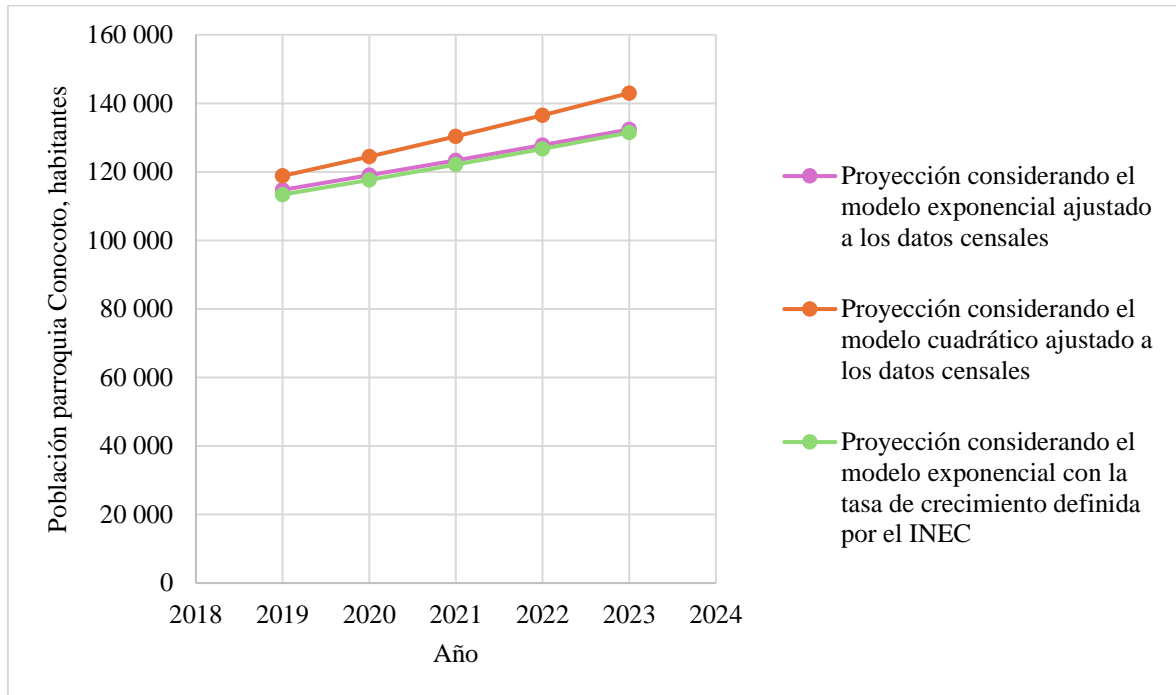
Tabla 11: Proyección demográfica para la parroquia Conocoto durante el periodo 2019 – 2023.

Años	Población estimada con ecuación polinómica de segundo grado Ecuación (2)	Población estimada con ecuación exponencial de mejor ajuste Ecuación (3)	Población estimada con ecuación exponencial tasa del INEC Ecuación (4)
2019	114 733	118 806	113 367
2020	119 006	124 436	117 641
2021	123 367	130 333	122 076
2022	127 815	136 509	126 678
2023	132 350	142 978	131 454

La figura 9 se presenta las proyecciones demográficas de la parroquia Conocoto del periodo

2019 - 2023, considerando los tres métodos analizados cuyos resultados se muestran en la tabla 11.

Figura 9: Proyección de la población periodo 2019 – 2023.



4.4 Relación entre el crecimiento poblacional y la variación anual de los consumos.

Como resultado del análisis de proyección de población de la parroquia Conocoto para los años que comprenden el periodo 2019 – 2023, se seleccionó la población calculada con la ecuación (4) que considera la tasa constante reportada por el INEC (2022b), puesto que su tendencia se ajusta más al crecimiento poblacional de la parroquia Conocoto en comparación a los resultados obtenidos con las ecuaciones (2) y (3).

La tabla 12 presenta la población de la parroquia Conocoto correspondiente a al periodo 2019 - 2023, el consumo total anual de todas las categorías de usuarios y la tasa de crecimiento expresada en porcentaje.

Tabla 12: Población y consumo total por año del periodo 2019-2023, y tasa de crecimiento exponencial del consumo.

Año	Población	Consumo total anual [m ³]	Tasa de crecimiento consumo [%]
2019	113 367	8 252 132	
2020	117 641	8 501 875	3.03
2021	122 076	8 453 217	-0.57
2022	126 678	8 633 164	2.13
2023	131 454	8 736 558	1.20

La ecuación (5) y la figura 10 presentan la correlación entre el consumo total anual de agua potable de la parroquia Conocoto y la población considerando los datos que se observan en la tabla 13, que corresponde a un ajuste lineal siendo 0,8868 su coeficiente de determinación.

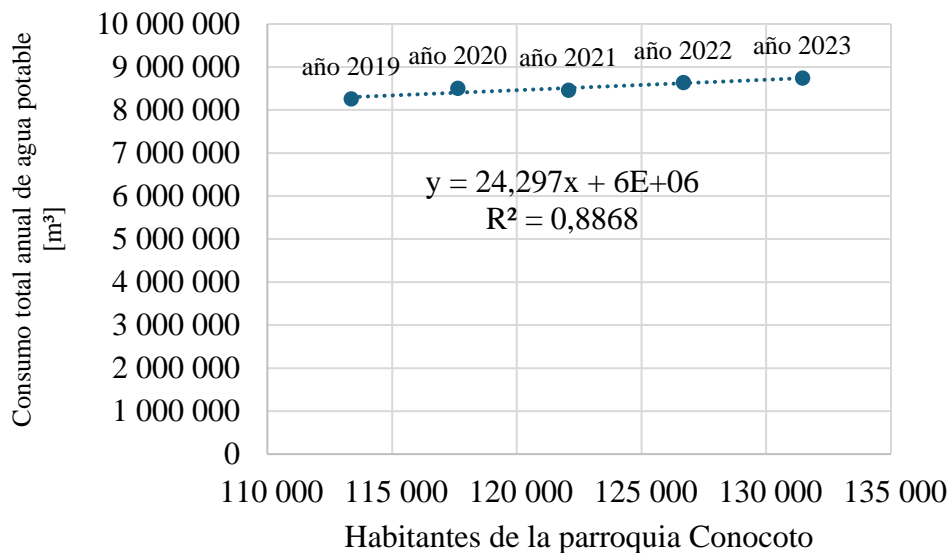
$$y = 24.297x + 6 * 10^6 \quad (5)$$

Donde:

x = número de habitantes de la parroquia Conocoto.

y = consumo total anual de agua potable [m³].

Figura 10: Correlación entre el consumo total anual y la población en el periodo 2019-2023.



4.4.1 Correlación entre el consumo mensual doméstico promedio y el número de usuarios domésticos

En la tabla 13 se observan los valores de consumo mensual doméstico promedio para el periodo 2019 – 2023, y el número de usuarios domésticos por año.

Tabla 13: Consumo mensual doméstico promedio por año y cantidad de usuarios domésticos durante el periodo 2019-2023.

Años	Consumo promedio mensual	Usuarios
2019	20.39	30 567
2020	21.59	30 800
2021	21.03	31 802
2022	20.47	32 613
2023	20.22	33 346

La ecuación (6) y la figura 11 representan la correlación del consumo mensual doméstico promedio y el número de usuarios domésticos para un mismo año, que corresponde a un ajuste lineal cuyo coeficiente de determinación es 0,2959.

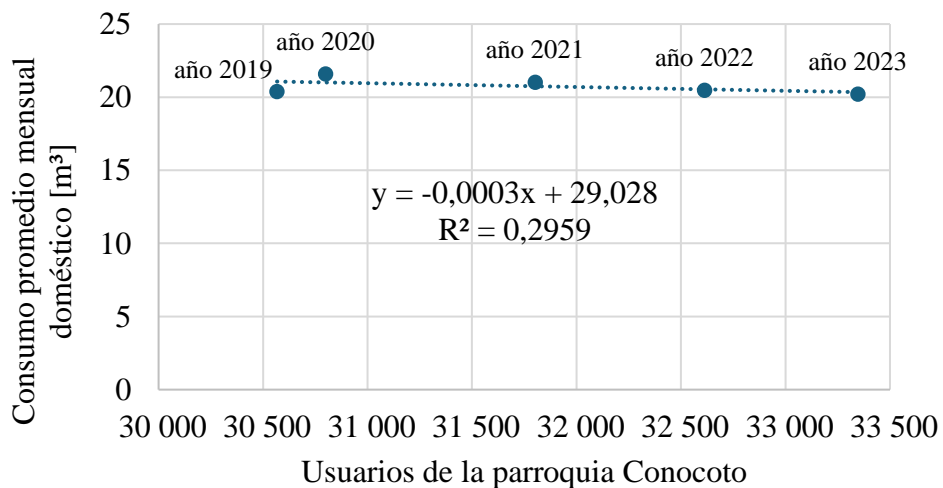
$$y = -0.0003x + 29.028 \quad (6)$$

Donde:

x = número de usuarios de la parroquia Conocoto.

y = consumo promedio mensual doméstico [m³].

Figura 11: Correlación entre el consumo mensual promedio del usuario doméstico y el número de usuarios domésticos, durante el periodo 2019-2023.



4.4.2 Correlación entre dotación neta promedio de usuario doméstico y crecimiento poblacional

La tabla 14 presenta la dotación neta promedio del usuario doméstico que se muestra en la En la figura 7 se ven reflejadas las dotaciones promedio del usuario doméstico durante el periodo 2019 – 2023.

Figura 7 y la población de la parroquia de Conocoto para el período de estudio, tomada de la Tabla 12.

Tabla 14: Valores de la dotación neta doméstica promedio por año, durante el periodo 2019-2023.

Años	Población	Dotación neta promedio doméstica [l/hab*día]
2019	113 367	210
2020	117 641	221
2021	122 076	216
2022	126 678	211
2023	131 454	208

La ecuación (6) y Figura 12 muestran la correlación entre la dotación neta promedio del usuario doméstico y la población de la parroquia Conocoto de un mismo año, que corresponde a un ajuste lineal cuyo coeficiente de determinación es 0,1743, con los valores presentados en la Tabla 14.

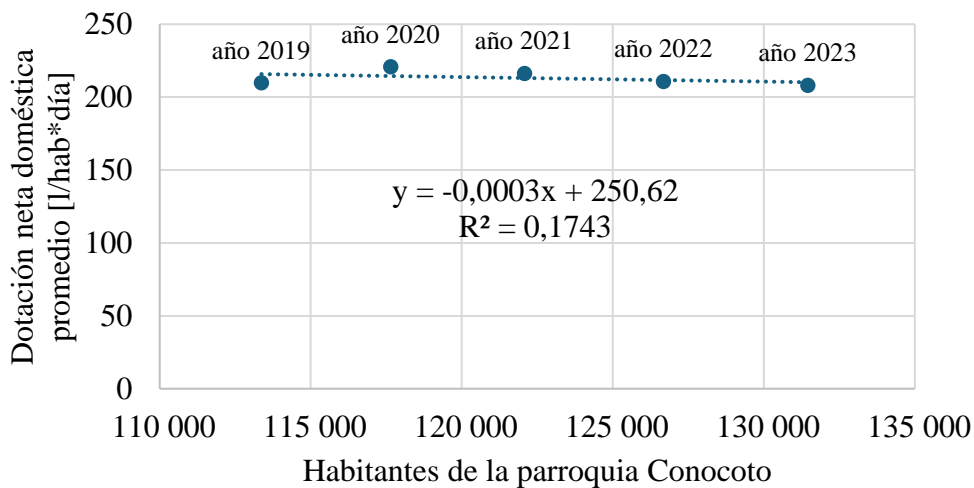
$$y = -0.0003x + 250.62 \quad (6)$$

Donde:

x = número de habitantes de la parroquia Conocoto.

y = dotación neta doméstica promedio [l/hab*día].

Figura 12: Correlación entre la dotación neta doméstica promedio anual y la población del periodo 2019 - 2023.



La ecuación (7) y Figura 13 presentan la correlación entre la dotación neta promedio del usuario doméstico y la población de la parroquia Conocoto de un mismo año, que corresponde a un ajuste potencial cuyo coeficiente de determinación es 0,9834, con los datos

de la Tabla 14, sin incluir el año 2019 puesto que la dotación de ese año se aparta de la tendencia observada a partir del año 2020.

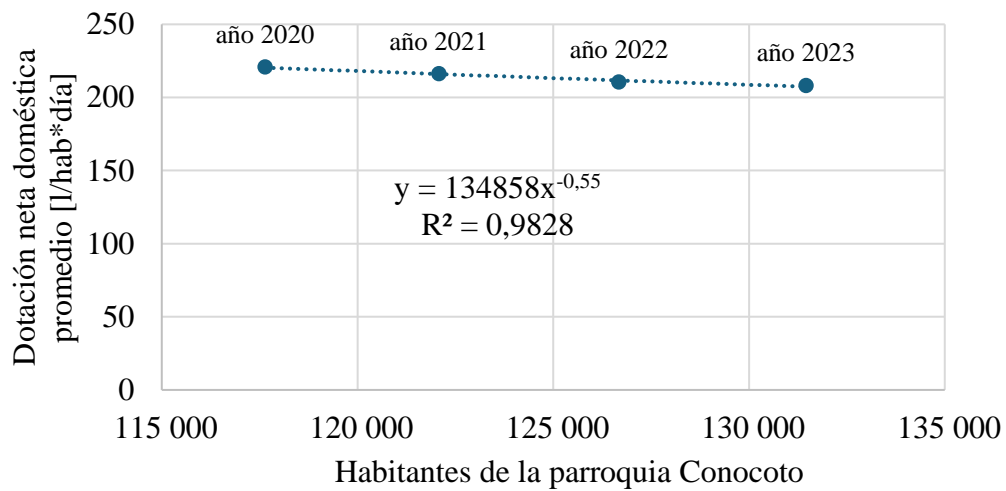
$$y = 134858x^{-0.55} \quad (7)$$

Donde:

x = número de habitantes de la parroquia Conocoto.

y = dotación neta doméstica promedio [l/hab*día].

Figura 13: Correlación entre la dotación neta doméstica promedio anual y la población del periodo 2019-2023, sin tomar en cuenta los datos del año 2019.



La ecuación (8) y la Figura 14 muestran la correlación entre la dotación neta promedio del usuario doméstico y la población de la parroquia Conocoto de un mismo año, que corresponde a un ajuste lineal cuyo coeficiente de determinación es 0,0528, con los datos de la Tabla 14, sin incluir el año 2020 puesto que en este año se observó un comportamiento anómalo caracterizado por mayores consumos de agua debido a la pandemia de COVID-19.

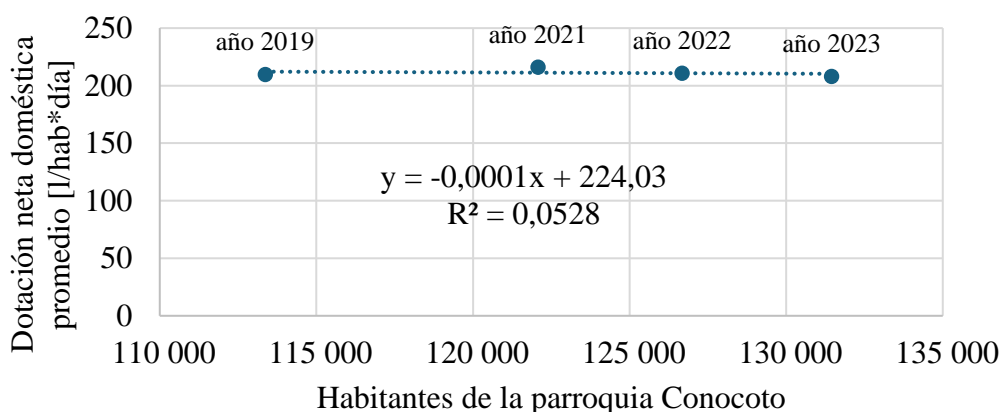
$$y = -0.0001x + 224.03 \quad (8)$$

Donde:

x = número de habitantes de la parroquia Conocoto.

y = dotación neta doméstica promedio [l/hab*día].

Figura 14: Correlación entre la dotación neta doméstica promedio anual y la población del periodo 2019-2023, sin tomar en cuenta los datos del año 2020.



4.4.3 Correlación entre dotación neta total y crecimiento poblacional

En la Tabla 15 se presenta el resultado del cálculo de la dotación neta total de cada año, determinado dividiendo el consumo total, para la cantidad de usuarios domésticos y multiplicado por 3.2 que representa la cantidad promedio de personas que conforman un hogar según datos del INEC.

Tabla 15: Valores de consumo total, número de habitantes en categoría doméstica y dotación neta total del periodo 2019-2023.

Año	Población	Consumo total [m³/año]	Población en categoría doméstica	Dotación neta total [l/hab/día]
2019	113 367	8 252 132	97 814	231
2020	117 641	8 501 875	98 560	236
2021	122 076	8 453 217	101 766	228
2022	126 678	8 633 164	104 362	227
2023	131 454	8 736 558	106 707	224

La ecuación (9) y figura 15 muestran la correlación entre la dotación neta total y la población de la parroquia Conocoto del periodo 2019 - 2023, considerando un ajuste lineal cuyo coeficiente de determinación es 0,6279, tomando en cuenta los datos del periodo 2019 – 2023 que se observan en la tabla 15.

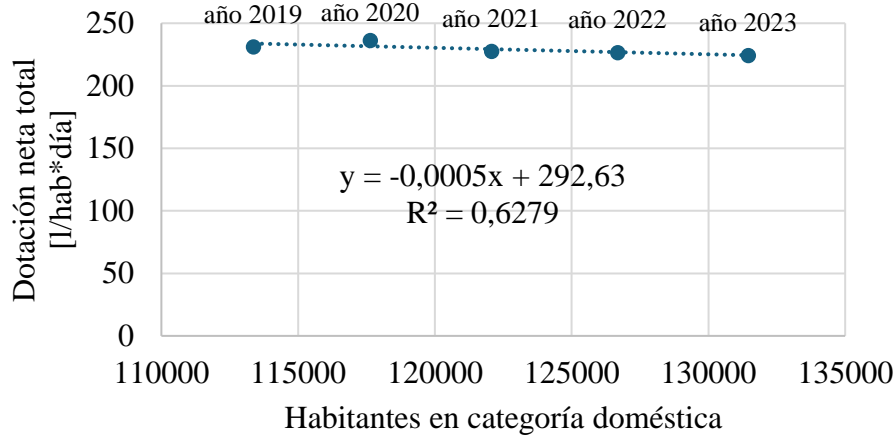
$$y = -0.0005x + 292.63 \quad (9)$$

Donde:

x = número de habitantes de la parroquia Conocoto.

$y = \text{dotación neta total [l/hab*día]}$.

Figura 15: Correlación entre la dotación neta total y la población del periodo 2019-2023.



En la ecuación (10) y en la Figura 16 se observa la correlación entre la dotación neta total y la población de la parroquia Conocoto durante el periodo 2019 - 2023, considerando un ajuste lineal cuyo coeficiente de determinación es 0,8284, tomando en cuenta los datos del periodo 2019 – 2023 que se presentan en la Tabla 15 sin incluir los valores correspondientes al año 2019.

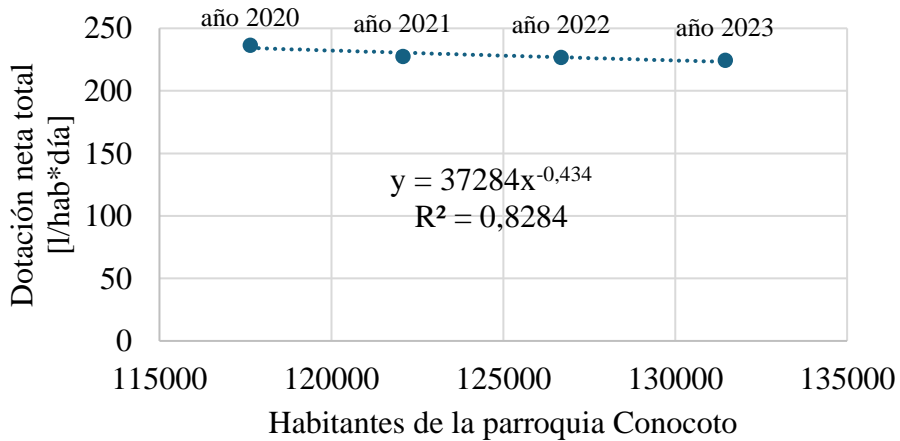
$$y = 37284x^{-0.434} \tag{10}$$

Donde:

$x = \text{número de habitantes de la parroquia Conocoto.}$

$y = \text{dotación neta total [l/hab*día].}$

Figura 16: Correlación entre la dotación neta total y la población del periodo 2019-2023, sin tomar en cuenta los datos del año 2019.



En la ecuación (11) y Figura 17 se observa la correlación entre la dotación neta total y la población de la parroquia Conocoto durante el periodo 2019 - 2023, considerando un ajuste lineal cuyo coeficiente de determinación es 0,9862, tomando en cuenta los datos del periodo 2019 – 2023 que se observan en la Tabla 15, sin incluir los valores correspondientes al año 2020.

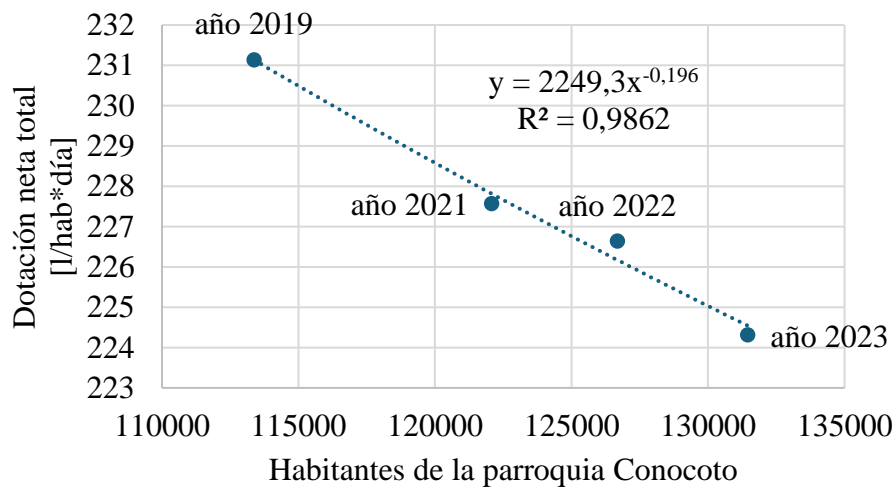
$$y = 2249.3x^{-0.196} \quad (11)$$

Donde:

x = habitantes de la parroquia Conocoto.

y = dotación neta total [l/hab*día].

Figura 17: Correlación entre la dotación neta total y la población del periodo 2019-2023, sin tomar en cuenta los datos del año 2020.



En la Tabla 16 se presentan las ecuaciones y coeficientes de determinación R^2 , donde “x” representa la población y “y” la dotación en l/hab*día.

Tabla 16: Ecuaciones de correlación.

Correlación	Ecuaciones	R^2
Ecuación (5): consumo total anual - población	$y = 24.297x + 6 * 10^6$	0.8868
Ecuación (6): dotación neta doméstica - población	$y = 0.0003 * x + 250.62$	0.1743
Ecuación (7): dotación neta doméstica - población sin año 2019	$y = 134\ 858 * x^{-0.55}$	0.9834
Ecuación (8): dotación neta doméstica - población sin año 2020	$y = -0.0001 * x + 224.03$	0.0528
Ecuación (9): dotación neta total - población	$y = -0.0005 * x + 292.63$	0.6279
Ecuación (10): dotación neta total - población sin año 2029	$y = 37\ 284 * x^{-0.434}$	0.8289
Ecuación (11): dotación neta total - población sin año 2020	$y = 2\ 249.3 * x^{-0.196}$	0.9864

5 Análisis de resultados.

5.1 Análisis de resultados de consumo de agua potable

Como se observa en la Tabla 4 y Figura 2, el consumo total de agua potable de la parroquia de Conocoto muestra una tendencia creciente desde el año 2019 hasta el 2023, excepto en el año 2021, donde se registra una disminución del consumo en un 0.57% respecto del 2020. Esta anomalía puede atribuirse a los efectos de la pandemia del COVID-19, que alteró significativamente los patrones de consumo de agua de la población, generando un consumo excesivo en el año 2020.

Los datos presentados en la Figura 3 muestran que el mes con mayor consumo promedio durante el periodo de 2019 - 2023 es junio, con 740 083 m³, mientras que marzo es el mes con menor consumo, con un promedio de 650 981 m³.

La Tabla 7 y la Figura 5 revelan que la categoría de usuario Oficial presenta el mayor consumo promedio por usuario por día, alcanzando un pico de 13 735 l/usuario*día en 2019 y el valor más bajo en 2021 con 9 462 l/usuario*día. En un análisis global del periodo 2019 - 2023, la dotación promedio de un usuario oficial es de 11 403 l/usuario*día, siendo la más alta entre las categorías analizadas, seguida por los usuarios municipales, industriales, sin ánimo de lucro, público y comercial, que tienen un consumo promedio por usuario por día entre 1 289 y 4 901 l/usuario*día.

La dotación del usuario doméstico se analiza por separado, habiéndose observado que el promedio general en el período de análisis fue 213 l/hab*d y que el año con la mayor dotación promedio fue 2020 con 221 l/hab*día como se observa en la figura 7; la mayor dotación en 2020 se debe seguramente a las medidas de higiene relacionadas con la pandemia del COVID-19. En los años posteriores, la dotación se ha reducido, alcanzando 208 l/hab*día en 2023, lo que puede indicar un cambio en los patrones de consumo y una mayor conciencia en el uso del agua, siendo este valor de dotación menor al que se observa en la Figura 7 para el año 2019, previo a la pandemia.

La dotación promedio del usuario doméstico para el período 2019 - 2023 (213 l/hab*día) es ligeramente menor que la dotación recomendada por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (1992) para poblaciones mayores a 50 000 habitantes con clima templado (> 220 l/hab*día), pero supera en 113 litros la sugerida por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2015) como necesaria para cubrir las necesidades básicas de una persona (100 l/hab*día).

5.2 Análisis de la correlación consumo de agua con crecimiento poblacional

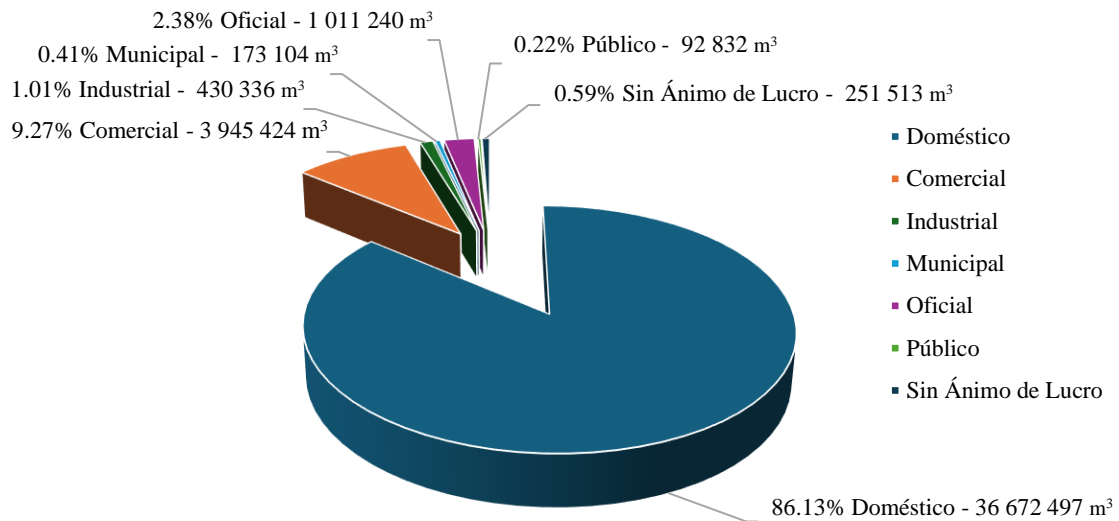
La correlación entre el crecimiento poblacional y el consumo total de agua potable de la parroquia de Conocoto durante el periodo 2019 - 2023 se muestra en la Figura 10, con una tendencia lineal y coeficiente de determinación R^2 de 0.8868, que indica una buena correlación entre estas dos variables.

La correlación entre el consumo mensual promedio del usuario doméstico y el número de usuarios domésticos que se observa en la Figura 11 presenta un comportamiento similar a la correlación que se observa en la Figura 12 entre dotación neta promedio y crecimiento poblacional, teniendo ambas correlaciones, coeficientes de determinación bajos de 0.295 y 0.174, respectivamente.

El análisis de la correlación entre la dotación neta doméstica y la población, excluyendo el año 2019 debido a su condición de consumo atípica, que se muestra en la Figura 13, con una tendencia lineal tiene un coeficiente de determinación R^2 de 0.9834 para el periodo 2020 – 2023.

En la Figura 18 se observa el consumo total de todas las categorías de usuarios durante el periodo 2019 – 2023, con datos tomados de la Tabla 4.

Figura 18: Consumo total de todas las categorías en el periodo 2019 – 2023 de la parroquia de Conocoto, en m³



6 Conclusiones y Recomendaciones.

6.1 Conclusiones

- Los consumos unitarios de agua potable se establecieron considerando la base de datos de usuarios proporcionada por la EPMAPS con datos de los consumos mensuales por usuario en el período 2019 – 2023. Para los usuarios domésticos, que representan un consumo equivalente al 86.13% del consumo total se estableció una dotación promedio para el período 2019 - 2023 de 213 l/hab*día como se observa en la Tabla 8 y un consumo promedio anual doméstico de 20.74 m³/usuario*mes que se observa en la Tabla 6.
- El sistema de agua potable de la parroquia de Conocoto se abastece de las siguientes fuentes: río Pita y Tesalia. La captación del sistema Pita comprende una conducción a gravedad que abastece a la planta convencional de Conocoto y sus dos plantas paquete, que tratan en conjunto un total de 236 l/s; y, la captación de las vertientes Tesalia desde donde se transportan 400 l/s por una conducción hasta la planta de tratamiento Tesalia. Se cuenta con varios tanques de reserva con capacidades entre 250 a 3000 metros cúbicos de almacenamiento con cotas entre 2883 y 2583 m.s.n.m. y una red de distribución con longitud aproximada de 49.61 kilómetros de tuberías en un área de cobertura de 4 017.19 Ha.

- El consumo de agua potable en la parroquia de Conocoto ha mostrado una tendencia creciente con una tasa de crecimiento que disminuye cada año, con excepción en el año 2021 de postpandemia, que presentó menores consumos. En el período de análisis 2019-2023, se observó un incremento en el número de usuarios de todas las categorías (desde 32 808 hasta 35 820 usuarios) lo que representó un aumento en el consumo de agua de 484 426 m³.
- Durante los cinco años de análisis (2019-2023) los consumos unitarios para las categorías de usuario adicionales al doméstico fueron: 1 161 l/usuario*d para los usuarios de la categoría comercial, 4 239 l/usuario*d para la categoría industrial, 4 901 l/usuario*d para la categoría municipal, 11 403 l/usuario*d para la categoría oficial, 1 289 l/usuario*d para la categoría pública y 3 674 l/usuario*d para la categoría sin ánimo de lucro. La dotación doméstica promedio anual en el año 2020 fue 221 l/hab*d, que representa un pico en el período de análisis y se debe seguramente a un mayor consumo de agua en la pandemia; a partir de ese año se observa una tendencia decreciente que evidencia un cambio en los patrones de consumo post-pandemia. En los usuarios comerciales se observa una tendencia ligeramente decreciente y en los usuarios del sector público ligeramente creciente, mientras que en los otros usuarios no se observó una tendencia clara de crecimiento o decrecimiento. La dotación neta total promedio calculada con los datos de la Tabla 15, considerando los consumos de todas las categorías de usuarios, en el período de análisis fue de 229.2 l/ha*día.
- Se analizaron varias alternativas de correlación entre variables como el consumo total anual, población, consumo mensual doméstico, número de usuarios domésticos, dotación neta promedio del usuario doméstico, crecimiento poblacional y dotación neta total, considerando correlaciones lineales en la mayoría de estas y potenciales en las ecuaciones (7), (10) y (11), habiéndose obtenido coeficientes de determinación entre 0.1743 a 0.9864; observando que la mejor correlación lineal se obtiene entre el consumo total anual y la población, cuyo coeficiente de determinación fue 0.8868; y una alta correlación potencial entre la dotación neta doméstica y la población sin el año 2019, cuyo coeficiente de determinación fue de 0.9834.

6.2 Recomendaciones

- Implementar campañas de uso racional del agua potable con la intención de buscar ahorro y eficiencia en el consumo de agua por parte de los usuarios conectados al sistema.
- Analizar los usuarios registrados como oficiales puesto que se observa un número grande de usuarios y niveles altos de consumo, significativamente mayores en comparación con las otras categorías de usuarios.
- Actualizar el análisis de consumos y dotaciones de forma continua en la parroquia Conocoto con la finalidad de considerar los resultados para diseños o ampliaciones del sistema de agua potable en esa parroquia.
- Impulsar investigaciones similares en otras parroquias con la finalidad de contar con datos reales de consumos totales y unitarios por categoría de usuario con la finalidad de mejorar la gestión de los servicios de agua potable.

7 Bibliografía

Agencia de Regulación y Control del Agua. (2022a). Guía técnica: Implementación de macromedición en los procesos de producción y distribución de agua potable.

Agencia de Regulación y Control del Agua. (2022b). Guía técnica para la gestión y fortalecimiento de los procesos relacionados con los sistemas de micromedición en la prestación del servicio de agua potable brindado por los prestadores público y comunitarios.

Arboleda Valencia, J. (2000). Teoría y práctica de la purificación del agua. Tomo 1. McGraw-Hill.

College of the Canyons. (2023). Water treatment and planta operatoin I [Tratamiento de agua y operación de planta I]. LibreText.

Corcho, F. y Duque, J. (2005). ACUEDUCTOS: TEORÍA Y DISEÑO. (3ª ed.). Universidad de Medellín.

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. (2016). *Seminario taller sobre “Catastro de Usuarios de los servicios Básicos”, en la ciudad de Ventanas*. Asociación de Municipio del Ecuador. <https://www.amevirtual.gob.ec/wp-content/uploads/2018/01/GAD-VENTANAS-catastros-usuarios.pdf>

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito. (2015). Norma para la administración, actualización y mantenimiento del catastro de clientes de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento.

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito. (2023). Ficha metodológica de indicadores.

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito. (s. f.). *Proyecto La Mica – Quito Sur*. aguaquito. <https://www.aguaquito.gob.ec/la-mica-quito-sur/>

Fair, G., Geyer, J. y Okun, D. (1968). Abastecimiento de aguas y remoción de aguas residuales. (1ª ed., Vol. 1). LIMUSA.

Fair, G., Geyer, J. y Okun, D. (1971). Purificación de aguas, tratamiento y remoción de aguas residuales. (1ª ed., Vol. 2). LIMUSA.

- Gerencia de Operaciones Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito. (2024a). Esquema de tanques que almacenan los subsectores de en la parroquia Conocoto.
- Gerencia de Operaciones Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito. (2024b). Información básica sistema de distribución de agua potable – parroquia Conocoto.
- Gil, J. (2009). Sistemas de distribución de agua con intermitencia de servicio: gestión de demanda y optimización operacional. Lemoine Editores.
- Gleason Espíndola, J. (2014). Sistemas de agua sustentables en las ciudades. Trillas.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Conocoto. (s. f.). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2021-2024.
- Gutiérrez, H. (2001). Presas derivadoras. Facultad de ingeniería, UNAM.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022a). Boletín técnico de cifras clave del Censo Ecuador 2022.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022b). Tasa de crecimiento promedio anual 2010-2022, según parroquia de residencia, VIII Censo de Población y VII de Vivienda.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2023). *Estadísticas*. censoecuador. <https://www.censoecuador.gob.ec/estadisticas/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (s.f.). Glosario de términos censales.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1992). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). Urbanización, sistema de abastecimiento de agua potable, requisitos.
- Krochin, S. (1986). Diseño hidráulico. (3ª ed.). Escuela Politécnica Nacional.
- Lauterjung, H. y Schmidt, G. (1989). Planning of Water intake structures for irrigation or hydropower [Planificación de estructuras de captación de agua para riego o

- hidroeléctricas]. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
- Lozano Rivas, W. y Lozano Bravo, G. (2015). Potabilización del agua: principios de diseño, control de procesos y laboratorio. (1ª ed.). Universidad Piloto de Colombia.
- Metcalf y Eddy. (1995). Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización. (3ª ed., Vol. 2). McGraw-Hill.
- Mihelcic, J. y Zimmerman, J. (2012). Ingeniería ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño. Alfaomega.
- Mongil Manso, J. (2011). Técnicas tradicionales de recolección de agua: concepto y propuesta de clasificación. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales.
- Morote A. (2017). Factores que inciden en el consumo de agua doméstico, estudio a partir de un análisis bibliométrico.
- McGhee, T. (1999). Abastecimiento de agua y alcantarillado. McGraw-Hill.
- Morales, J. y Rodríguez, L. (2007). Economía del Agua Escasez del Agua y su Demanda Doméstica e Industrial en Áreas Urbanas. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí. (2006). Guía metodológica para la gestión y mejoramiento de los servicios de agua potable y alcantarillado.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (23 de julio de 2015). *Informe mundial sobre desarrollo humano 2006 más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua*. <https://www.undp.org/es/el-salvador/publicaciones/informe-mundial-sobre-desarrollo-humano-2006-mas-alla-de-la-escasez-poder-pobreza-y-la-crisis-mundial-del-agua>
- Rodríguez Ruiz, P. (2001). Abastecimiento de agua. Instituto tecnológico de Oaxaca.
- Saldarriaga, J. (2016). Hidráulica de tuberías: abastecimiento de agua, redes y riego. (3ª ed.). Alfaomega.
- Sánchez, E. (2003). Población y desarrollo, enfoques alternativos de los estudios de población. El Cid Editor.

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (s. f.).
Líneas de conducción por gravedad.
- Smet, J. y van Wijk, C. (Eds.). (2002). Small Community Water Supplies: Technology, People and Partnership [Suministros de Agua para Comunidades Pequeñas: Tecnología, Personas y Asociación]. Delft, the Netherlands: IRC International Water and Sanitation Centre.
- Susino, J. (2016). Introducción a la Práctica del Análisis Demográfico. Dextra.
- Trapote Jaume, A. (2017). INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICO-SANITARIAS I. ABASTECIMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA. (3ª ed.). Universidad de Alicante.
- Vierendel. (2009). Abastecimiento de agua y Alcantarillado. (4ª ed.).

ANEXO 1

NÚMERO DE USUARIOS Y SU CONSUMO
TOTAL POR MES PERIODO 2019 -2023

Consumo total doméstico por mes [m3]					
Mes	2019	2020	2021	2022	2023
Enero	587268	612310	664990	631833	610392
febrero	585852	600740	592418	651525	647651
Marzo	536335	551189	554818	577811	573971
Abril	569072	584149	633941	627624	623205
Mayo	591358	575785	611120	609198	586506
Junio	564156	763129	604539	618866	654528
Julio	580252	577857	612083	639155	629954
Agosto	633294	633279	642003	579917	618257
Septiembre	599446	624885	653316	632724	664360
Octubre	628382	633305	602912	620198	617651
Noviembre	536861	630095	595902	618081	655680
Diciembre	555660	583776	625265	629342	622326

Número total de usuarios por mes [m3]					
Mes	2019	2020	2021	2022	2023
Enero	28098	28651	28836	29805	30314
febrero	28225	28780	28933	30040	30643
Marzo	28166	28745	28830	29927	30581
Abril	28212	29449	28876	29995	30516
Mayo	28275	29387	28881	30070	30429
Junio	28314	25991	28966	30257	30826
Julio	28667	26660	29456	30205	31053
Agosto	28854	28734	29843	30406	31316
Septiembre	28953	28994	29923	30686	31445
Octubre	28815	28992	29709	30736	31384
Noviembre	28528	29083	29709	30585	31321
Diciembre	28523	28984	29680	30522	31334

ANEXO 2

USUARIOS POR MES DE LAS DEMÁS
CATEGORÍAS PERIODO 2019 - 2023

Usuarios comerciales 2019	
Mes	Usuarios
1	1770
2	1768
3	1773
4	1790
5	1794
6	1801
7	1803
8	1818
9	1822
10	1844
11	1838
12	1837
Total general	21658

Usuarios comerciales 2020	
Mes	Usuarios
1	2035
2	2037
3	2039
4	2057
5	2058
6	2042
7	2028
8	2067
9	2089
10	2089
11	2088
12	2088
Total general	24717

Usuarios comerciales 2021	
Mes	Usuarios
1	2085
2	2084
3	2086
4	2081
5	2098
6	2115
7	2122
8	2150
9	2149
10	2147
11	2147
12	2145
Total general	25409

Usuarios comerciales 2022	
Mes	Usuarios
1	2143
2	2149
3	2149
4	2149
5	2148
6	2151
7	2152
8	2163
9	2168
10	2179
11	2154
12	2160
Total general	25865

Usuarios comerciales 2023	
Mes	Usuarios
1	2175
2	2178
3	2186
4	2188
5	2186
6	2186
7	2204
8	2217
9	2230
10	2233
11	2237
12	2246
Total general	26466

Usuarios industriales 2019	
Mes	Usuarios
1	50
2	50
3	50
4	50
5	49
6	49
7	50
8	49
9	49
10	51
11	50
12	50
Total general	597

Usuarios industriales 2020	
Mes	Usuarios
1	51
2	51
3	51
4	52
5	52
6	52
7	52
8	52
9	52
10	52
11	52
12	52
Total general	621

Usuarios industriales 2021	
Mes	Usuarios
1	52
2	52
3	52
4	52
5	52
6	52
7	52
8	52
9	51
10	51
11	51
12	51
Total general	620

Usuarios industriales 2022	
Mes	Usuarios
1	51
2	51
3	51
4	51
5	51
6	51
7	51
8	51
9	51
10	51
11	76
12	76
Total general	662

Usuarios industriales 2023	
Mes	Usuarios
1	79
2	81
3	81
4	80
5	80
6	80
7	80
8	80
9	81
10	81
11	82
12	82
Total general	967

Usuarios municipales 2019	
Mes	Usuarios
1	19
2	19
3	21
4	19
5	20
6	20
7	19
8	20
9	20
10	20
11	20
12	19
Total general	236

Usuarios municipales 2020	
Mes	Usuarios
1	23
2	23
3	23
4	23
5	23
6	23
7	23
8	23
9	23
10	23
11	23
12	23
Total general	276

Usuarios municipales 2021	
Mes	Usuarios
1	23
2	23
3	23
4	23
5	23
6	23
7	24
8	24
9	24
10	24
11	24
12	24
Total general	282

Usuarios municipales 2022	
Mes	Usuarios
1	24
2	24
3	24
4	24
5	24
6	24
7	24
8	24
9	24
10	24
11	24

Usuarios municipales 2023	
Mes	Usuarios
1	22
2	22
3	22
4	22
5	22
6	22
7	22
8	22
9	22
10	22
11	22

Número de usuarios oficiales 2019	
Mes	Usuarios
1	51
2	50
3	50
4	50
5	50
6	51
7	50
8	51
9	51
10	50
11	49
12	50
Total general	603

Número de usuarios oficiales 2020	
Mes	Usuarios
1	52
2	52
3	52
4	52
5	52
6	52
7	50
8	52
9	53
10	53
11	53
12	53
Total general	626

Número de usuarios oficiales 2021	
Mes	Usuarios
1	53
2	53
3	53
4	53
5	53
6	53
7	53
8	53
9	52
10	52
11	52
12	52
Total general	632

Número de usuarios oficiales 2022	
Mes	Usuarios
1	52
2	52
3	52
4	52
5	52
6	52
7	52
8	52
9	52
10	52
11	53
12	53
Total general	626

Número de usuarios oficiales 2023	
Mes	Usuarios
1	54
2	54
3	54
4	54
5	54
6	54
7	54
8	54
9	54
10	56
11	56
12	56
Total general	654

Usuarios públicos 2019	
Mes	Usuarios
1	47
2	43
3	43
4	44
5	40
6	41
7	42
8	44
9	41
10	41
11	41
12	41
Total general	508

Usuarios públicos 2020	
Mes	Usuarios
1	56
2	56
3	56
4	56
5	56
6	56
7	56
8	56
9	56
10	56
11	56
12	56
Total general	672

Usuarios públicos 2021	
Mes	Usuarios
1	56
2	56
3	56
4	56
5	56
6	56
7	56
8	56
9	56
10	56
11	56
12	56
Total general	672

Usuarios públicos 2022	
Mes	Usuarios
1	56
2	56
3	57
4	57
5	57
6	57
7	57
8	57
9	57
10	57
11	57
12	57
Total general	682

Usuarios públicos 2023	
Mes	Usuarios
1	57
2	57
3	58
4	58
5	58
6	58
7	58
8	58
9	58
10	58
11	58
12	58
Total general	694

Usuarios Sin ánimo de lucro 2020	
Mes	Usuarios
1	40
2	44
3	41
4	42
5	43
6	40
7	42
8	45
9	43
10	42
11	41
12	43
Total general	506

Usuarios Sin ánimo de lucro 2020	
Mes	Usuarios
1	48
2	48
3	48
4	48
5	48
6	48
7	48
8	48
9	48
10	48
11	48
12	48
Total general	576

Usuarios Sin ánimo de lucro 2020	
Mes	Usuarios
1	48
2	48
3	48
4	48
5	48
6	48
7	48
8	48
9	48
10	48
11	48
12	48
Total general	576

Usuarios Sin ánimo de lucro 2020	
Mes	Usuarios
1	48
2	48
3	48
4	48
5	48
6	48
7	48
8	48
9	48
10	48
11	47
12	47
Total general	574

Usuarios Sin ánimo de lucro 2023	
Mes	Usuarios
1	45
2	45
3	45
4	45
5	45
6	45
7	45
8	45
9	45
10	45
11	45
12	45
Total general	540

Consumo comercial 2019	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	66791
2	69204
3	63264
4	75833
5	71282
6	70776
7	69496
8	76841
9	71577
10	74091
11	61518
12	66632
Total general	837305

Consumo comercial 2020	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	71640
2	72785
3	64458
4	68772
5	67949
6	61802
7	55725
8	58394
9	59845
10	62498
11	64437
12	60804
Total general	769109

Consumo comercial 2021	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	66071
2	57698
3	56994
4	61399
5	62173
6	62720
7	65786
8	67639
9	68501
10	63220
11	62416
12	69009
Total general	763626

Consumo comercial 2022	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	65978
2	67280
3	58901
4	68313
5	61856
6	65341
7	64672
8	61388
9	67595
10	65137
11	63955
12	65169
Total general	775585

Consumo comercial 2023	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	65950
2	69735
3	62443
4	66169
5	62364
6	71393
7	67509
8	68195
9	70970
10	65836
11	65629
12	63606
Total general	799799

ANEXO 3

CONSUMOS TOTALES POR MES DE LAS DEMÁS
CATEGORÍAS DE USUARIOS PERIODO 2019 -
2023

Consumo comercial 2019	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	66791
2	69204
3	63264
4	75833
5	71282
6	70776
7	69496
8	76841
9	71577
10	74091
11	61518
12	66632
Total general	837305

Consumo comercial 2020	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	71640
2	72785
3	64458
4	68772
5	67949
6	61802
7	55725
8	58394
9	59845
10	62498
11	64437
12	60804
Total general	769109

Consumo comercial 2021	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	66071
2	57698
3	56994
4	61399
5	62173
6	62720
7	65786
8	67639
9	68501
10	63220
11	62416
12	69009
Total general	763626

Consumo comercial 2022	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	65978
2	67280
3	58901
4	68313
5	61856
6	65341
7	64672
8	61388
9	67595
10	65137
11	63955
12	65169
Total general	775585

Consumo comercial 2023	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	65950
2	69735
3	62443
4	66169
5	62364
6	71393
7	67509
8	68195
9	70970
10	65836
11	65629
12	63606
Total general	799799

Consumo industrial 2019	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	6146
2	6092
3	6282
4	5910
5	6423
6	8425
7	7585
8	7335
9	6287
10	6614
11	5514
12	6536
Total general	79149

Consumo industrial 2020	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	5792
2	6311
3	5996
4	6095
5	6007
6	4263
7	5252
8	5255
9	5282
10	5965
11	5697
12	5209
Total general	67124

Consumo industrial 2021	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	5325
2	4952
3	4665
4	5211
5	5067
6	4801
7	5602
8	5934
9	5784
10	5914
11	5143
12	5661
Total general	64059

Consumo industrial 2022	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	5412
2	5799
3	5790
4	8114
5	7421
6	7877
7	8155
8	16695
9	8248
10	11719
11	16358
12	9146
Total general	110734

Consumo industrial 2023	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	8445
2	9356
3	7800
4	8995
5	8108
6	9273
7	8798
8	9222
9	9866
10	10766
11	9305
12	9336
Total general	109270

Consumo municipal 2019	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	3209
2	3086
3	3024
4	3610
5	3539
6	3628
7	3655
8	3761
9	3206
10	3283
11	3050
12	3009
Total general	40060

Consumo municipal 2020	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	3264
2	3245
3	3275
4	3182
5	3150
6	4582
7	3399
8	3759
9	4692
10	4678
11	3058
12	2798
Total general	43082

Consumo municipal 2021	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	795
2	890
3	864
4	1182
5	872
6	1889
7	2148
8	2084
9	2032
10	2539
11	2435
12	2657
Total general	20387

Consumo municipal 2022	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	2598
2	2800
3	2223
4	3628
5	3047
6	3071
7	2223
8	2793
9	2878
10	2561
11	2577
12	2438
Total general	32837

Consumo municipal 2023	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	2631
2	3209
3	3629
4	2874
5	2395
6	2935
7	3066
8	2655
9	3566
10	3113
11	3438
12	3227
Total general	36738

Consumo oficial 2019	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	18995
2	21080
3	23874
4	28659
5	25094
6	19121
7	16506
8	21336
9	21563
10	20400
11	17062
12	17927
Total general	251617

Consumo oficial 2020	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	20141
2	19747
3	16346
4	18072
5	17690
6	17664
7	13832
8	17044
9	12673
10	14571
11	11073
12	12321
Total general	191174

Consumo oficial 2021	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	14537
2	11511
3	11436
4	10190
5	12533
6	10637
7	12260
8	13088
9	11741
10	12571
11	15042
12	14164
Total general	149710

Consumo oficial 2022	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	15327
2	14464
3	16230
4	18287
5	17464
6	16755
7	16880
8	15128
9	15268
10	16074
11	15900
12	16372
Total general	194149

Consumo oficial 2023	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	16005
2	18665
3	15970
4	18834
5	18477
6	20977
7	17578
8	18233
9	19804
10	19587
11	20986
12	19474
Total general	224590

Cosumo Público 2019	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	1392
2	1240
3	1027
4	1156
5	1446
6	1311
7	1312
8	1533
9	1769
10	1411
11	1076
12	1304
Total general	15977

Cosumo Público 2020	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	1469
2	1328
3	1178
4	1252
5	1235
6	663
7	1218
8	701
9	966
10	802
11	711
12	921
Total general	12444

Cosumo Público 2021	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	954
2	803
3	865
4	922
5	919
6	885
7	969
8	1851
9	2117
10	1030
11	1274
12	1419
Total general	14008

Cosumo Público 2022	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	1554
2	1552
3	1251
4	1859
5	1774
6	1594
7	1645
8	2191
9	2653
10	3371
11	2745
12	2103
Total general	24292

Cosumo Público 2023	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	2216
2	2426
3	2796
4	2698
5	2403
6	2716
7	2183
8	1882
9	1905
10	1918
11	1548
12	1420
Total general	26111

Cosumo Sin ánimo de lucro 2019	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	4167
2	4018
3	4951
4	5270
5	4412
6	4778
7	5404
8	5689
9	5240
10	5809
11	5184
12	5166
Total general	60088

Cosumo Sin ánimo de lucro 2020	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	4734
2	5407
3	4428
4	5138
5	5020
6	3389
7	3329
8	3366
9	2574
10	3557
11	3950
12	3551
Total general	48443

Cosumo Sin ánimo de lucro 2021	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	3593
2	3317
3	2835
4	3429
5	3723
6	4007
7	4299
8	4518
9	4784
10	4165
11	4324
12	5126
Total general	48120

Cosumo Sin ánimo de lucro 2022	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	5004
2	4965
3	4988
4	5884
5	4965
6	5325
7	4594
8	4885
9	4822
10	4899
11	4020
12	4942
Total general	59293

Cosumo Sin ánimo de lucro 2023	
Mes	Suma de Consumo (m3)
1	2539
2	2585
3	2999
4	3072
5	2545
6	2600
7	2965
8	3000
9	3127
10	3466
11	3429
12	3242
Total general	35569