



| POSGRADOS |

Maestría en

Sistemas Hidráulicos Urbanos de Abastecimiento y
Protección

RPC-SO-24-NO.381-2022

Opción de Titulación:

Proyecto de titulación con componentes de
investigación aplicada y/o de desarrollo

Tema:

Sectorización de Coeficientes de Diseño
Diarios y horarios para Sistemas de Agua
Potable en el Cantón Rumiñahui

Autores

Juan Guido Calles Alajo
Juan Fernando Colcha Valdez

Director:

María Gabriela Soria Pugo

QUITO – Ecuador
2025



Autores:

Juan Guido Calles Alajo
Ingeniero Civil
Candidato a Magíster en Sistemas Hidráulicos Urbanos de
Abastecimiento y Protección por la Universidad Politécnica
Salesiana – Sede Quito.
jcalles4@est.ups.edu.ec



Juan Fernando Colcha Valdez
Ingeniero Civil
Candidato a Magíster en Sistemas Hidráulicos Urbanos de
Abastecimiento y Protección por la Universidad Politécnica
Salesiana – Sede Quito.
jcolchav@est.ups.edu.ec

Dirigido por:

María Gabriela Soria Pugo
Ingeniera Civil
Maestría en Recursos Hídricos con Mención en Gestión
Ambiental del Agua
msoria@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS
2025 © Universidad Politécnica Salesiana.
QUITO– ECUADOR – SUDAMÉRICA

JUAN GUIDO CALLES ALAJO
JUAN FERNANDO COLCHA VALDEZ
Sectorización de Coeficientes de Diseño Diarios y horarios para Sistemas de Agua Potable en el Cantón Rumiñahui

DEDICATORIA

A mis padres, cuyo amor incondicional, sacrificio interminable y ejemplo silencioso han demostrado repetidamente que el éxito no es un nombre, sino el levantarse contra todas las adversidades. A ellos, les debo el respeto por la disciplina, la paciencia y la honestidad del trabajo, sin los cuales este sueño habría sido un espejismo. A mis hermanos y hermanas por mantenerlo real y nunca dejarme olvidar de dónde vengo.

Este éxito es también para aquellos que en silencio luchan cada día por salir adelante, con la esperanza de que puedan cambiar su entorno a través del instrumento más digno y poderoso que tienen los niños y jóvenes: la educación.

Quizás este trabajo sirva como recordatorio para que nunca se acepte el camino fácil, para preguntar con reverencia, para crear con orgullo y para soñar con propósito. Eso es porque aprender no se trata solo de adquirir conocimiento, sino de emprender para poner ese conocimiento al servicio y dar la esperanza de aquellos que aún no tienen su voz de aquellos que aún no tienen su oportunidad.

Esta tesis es esencialmente un homenaje a la memoria histórica y a todos aquellos que exigen que reconozcamos el poder de cambio que contiene el conocimiento.

AGRADECIMIENTO

Estoy agradecido con Dios con todo mi corazón por darme la fuerza, la inteligencia y la resistencia para lograr este acto de finalización.

En este viaje hubo miedo, fatiga y duda, pero también luz, enseñanzas y personas que marcaron mi camino.

A mi familia, especialmente a mis padres, por su inmensa fe en mí, por su amor interminable y por ser mi roca cuando la vida se puso difícil.

A los profesores y tutores del programa de maestría, gracias por compartir su experiencia, por empujarme más allá de mis límites y por animarme a pensar de manera crítica, ética y comprometida.

A mis queridos compañeros de clase con quienes trabajé más de horas, compartí esfuerzos, alegrías y mejoras, lo que hizo posible el intercambio y la información que permitió concluir esta tesis.

A los amigos que estuvieron a mi lado en silencio, que escucharon, que animaron con una palabra oportuna, les doy gracias por su presencia.

Que esto no sea un logro de una sola persona, sino la expresión de un intenso esfuerzo comunitario, manifestado de innumerables maneras visibles e invisibles.

Que este trabajo no sea solo un cierre, sino una apertura, una reapertura de disposición hacia la sociedad, hacia la profesión y hacia aquellos que, esperando el resultado del conocimiento alcanzado solo aquí, nos exigen algo humano, algo duradero.

Tabla de Contenido

Resumen	8
Abstract.....	9
1 Introducción.....	10
2 Determinación del Problema.....	12
3 Objetivo	15
4 Marco teórico	16
4.1 Introducción a la Sectorización de Coeficientes de Diseño.....	16
4.2 Fundamentos de los Coeficientes de Mayoración	16
4.3 Crecimiento Urbano y Demográfico en el Cantón Rumiñahui	18
4.4 Metodología para la Determinación de Coeficientes de Mayoración	18
4.5 Importancia de la Sectorización en la Planificación Urbana	19
4.6 Normativa Ecuatoriana y su Aplicación en el Diseño de Sistemas de Agua Potable	20
4.7 Proyecciones Demográficas y su Impacto en el Diseño de Sistemas de Agua Potable.....	21
4.8 Análisis de Consumo de Agua y su Variabilidad	22
4.9 Impacto de la Climatología en el Consumo de Agua	23
4.10 Casos de Estudio: Aplicaciones de la Sectorización en Ciudades Similares	24
4.11 Desafíos y Oportunidades en la Gestión del Agua en Zonas Urbanas en Crecimiento	25
4.11.1 Adaptación a las Condiciones Locales	25
4.11.2 Uso de Tecnologías de Monitoreo	26
4.11.3 Capacitación y Participación de la Comunidad	27
4.11.4 Revisión y Actualización Periódica	28
4.11.5 Colaboración Interinstitucional	29
4.12 Normativas y Regulaciones Aplicables en la Gestión del Recurso de Agua Potable.....	29
4.14 Impacto de la Urbanización en la Gestión de Agua Potable	30
5. Metodología	31
5.2.1 Proyecciones Poblacionales:	32

5.2.2	<i>Coeficiente de Mayoración K1 y K2:</i>	32
5.2.3	<i>Proyecciones Demográficas y de Consumo a Futuro.</i>	33
•	<i>Método Exponencial:</i>	33
•	<i>Método Aritmético:</i>	34
•	<i>Método Geométrico:</i>	34
5.3	Sectorización de Coeficientes	35
5	Resultados	38
5.1	Comportamiento del consumo de agua potable.	38
5.1.1	<i>Tendencias anuales y mensuales del consumo por sector (Sangolquí, San Pedro, San Rafael).</i>	38
5.2	Determinación de los Coeficientes de Mayoración K1 y K2	42
5.3	Comparación de los Coeficientes de Mayoración K1 y K2 vs La Norma INEN.	47
5.4	Proyección Demográfica y de Consumo a Futuro.	48
6	Resultados y Discusión	56
6.1	Comparación de los Coeficientes de Mayoración con la Norma INEN.	56
6.2	Impacto Técnico de los Coeficientes de Mayoración en los Sistemas de Agua Potable.	58
6.3	Análisis de los factores de mayoración K1 y K2 para una Proyección Demográfica y de Consumo a Futuro.	60
6.4	Análisis de Consumo de Agua y su Variabilidad en Sangoquí, San Pedro y San Rafael.	60
7	Conclusiones	62
	Referencias	65

Sectorización de Coeficientes de Diseño Diarios y Horarios para Sistemas de agua potable en el cantón Rumiñahui

Autores:

JUAN GUIDO CALLES ALAJO

JUAN FERNANDO COLCHA VALDEZ

Resumen

El crecimiento urbano exige una planificación precisa de los sistemas de agua potable. Esta investigación se enfoca en el Cantón Rumiñahui donde se evaluaron puntos clave para el diseño hidráulico. Se analizaron proyecciones de consumos históricos. El objetivo fue establecer coeficientes de mayoración que optimicen la eficiencia y sostenibilidad del abastecimiento. Este estudio evaluó los coeficientes de mayoración K1 (caudal máximo diario) y K2 (caudal máximo horario) en tres parroquias del cantón Rumiñahui, comparando los resultados proyectados hasta 2035 con los límites establecidos en la norma INEN 1575-1:2013. El análisis utilizó datos históricos de consumo y población, aplicando métodos de proyección exponencial para estimar la demanda hídrica futura.

Los resultados indican que los valores de K1 se mantienen generalmente por debajo del umbral mínimo de (1.3-1.5), con Sangolquí mostrando una demanda estable, San Pedro de Taboada con ligeros aumentos y San Rafael con mayor dispersión de los datos. En cuanto a K2, San Pedro de Taboada superó el rango normativo (2.0–2.3) alcanzando hasta 2.71, lo que sugiere posibles sobrecargas del sistema. Sangolquí mostró una tendencia a la baja, mientras que San Rafael estuvo por encima del límite normativo en varios años.

El estudio concluye que, aunque los valores de K1 están dentro de los límites aceptables, los picos de K2 representan un riesgo creciente para la sostenibilidad de los sistemas de agua. Se recomienda ajustar los coeficientes de mayoración a las condiciones locales e implementar un monitoreo continuo para optimizar las estrategias operativas y mitigar los picos de demanda.

Palabras clave:

Coefficientes; Mayoración; Caudal; Proyección; Sistemas.

Abstract

Urban growth demands precise planning of potable water systems. This research focuses on the Rumiñahui Canton, where key points for hydraulic design were evaluated. Historical consumption projections were analyzed. The objective was to establish peaking factors that optimize the efficiency and sustainability of water supply. This study assessed the K1 (maximum daily flow) and K2 (maximum hourly flow) magnification coefficients in three parishes of the Rumiñahui canton, comparing projected results until 2035 with the INEN 1575-1:2013 standard. The analysis used historical consumption and population data, applying exponential projection methods to estimate future water demand.

The results show that K1 values generally remain below the minimum threshold of (1.3-1.5), with Sangolquí showing stable demand, San Pedro de Taboada showing slight increases, and San Rafael showing greater data dispersion. Regarding K2, San Pedro de Taboada exceeded the normative range (2.0–2.3) with values reaching up to 2.71, suggesting potential system overloads. Sangolquí showed a declining trend, while San Rafael remained above the normative limit in several years.

The study concludes that while K1 values are within acceptable limits, K2 peaks present a growing risk to the sustainability of water systems. Recommendations include adjusting magnification coefficients to local conditions and implementing continuous monitoring to optimize operational strategies and mitigate demand peaks.

Palabras clave:

Coefficients; Increase; Flow; Projection; Systems.

1 Introducción

En la actualidad el cantón Rumiñahui está en constante crecimiento como lo indica el INEC 2022, por cual motivo se vienen realizando proyectos de saneamiento en diferentes parroquias del cantón, para los estudios realizados en esta zona se toma en consideración los valores de coeficientes de variación diaria y horaria establecido en las NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES de la NORMATIVA ECUATORIANA de 1992, que recomienda dos factores para dos tipos de caudales que se utilizan para determinar las demandas de diferentes elementos del sistema de agua potable.

Tabla 1. Factor de Mayoración K1 y K2.

Tipo de Caudal	Abreviatura	Factor de Mayoración
Caudal máximo diario	Q _{máx.día}	K1: 1.3 – 1.5
Caudal máximo horario	Q _{max.hor}	K2: 2.0 – 2.3

Fuente: Norma CPE INEN 005-9-1, 1992

En el diseño de sistemas de distribución de agua potable del cantón Rumiñahui se han utilizado coeficientes o parámetros de diseño (Coeficientes de Mayoración) definidos por las bases de diseño del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui (GADMUR) y dados por normativa, ya que los factores de mayoración no están determinados y con dificultad se puede saber su valor. Los coeficientes de variación de consumo deben establecerse con base en estudios en sistemas existentes y aplicarse por analogía al proyecto en estudio, caso contrario se recomienda utilizar los valores propuestos. Por tal motivo, con el presente proyecto se pretende definir mediante levantamiento de información *in situ* (consumos, planillas, población, etc.) coeficientes K1 y K2 de afectación al Caudal Medio (Q_{med}) de consumo de manera sectorizada y recomendar coeficientes de diseño “actualizados” para buscar mejorar la eficiencia de las infraestructuras y servicios urbanos, lo que puede derivar en la

reducción de costos operativos, la optimización de recursos y una mayor satisfacción de los ciudadanos para la zona urbana del cantón Rumiñahui.

Se elige el cantón Rumiñahui como caso de estudio debido a su acelerado crecimiento poblacional en la zona urbana, el cual genera una presión creciente sobre la infraestructura de agua potable existente. (Rumiñahui, 2023) Este aumento demográfico, junto con el desarrollo económico, la expansión de nuevas actividades industriales y comerciales, así como los efectos del cambio climático, representan factores determinantes que exigen una planificación eficiente y sostenible. Analizar esta zona permite establecer criterios técnicos y operativos que sirvan como referencia para el diseño de futuros proyectos de abastecimiento especialmente en contextos urbanos con dinámicas similares.

2 Determinación del Problema

El servicio de agua potable es indispensable para las actividades básicas humanas como la alimentación, la salud, la higiene, el trabajo o la vivienda. Tomando en cuenta que la población de estudio para el desarrollo de este proyecto corresponde a las zonas urbanas del cantón Rumiñahui, donde se procesa toda la información necesaria como es la de caudales, número de habitantes, planillas de consumos, históricos de demanda e información de la zona para así determinar los factores de mayoración para los diseños.

La realización de este estudio es beneficioso para enfatizar la necesidad de modernizar y modificar los estándares de diseño hidráulico, a raíz del rápido y repentino crecimiento urbano al que se enfrenta el cantón Rumiñahui. Además, es necesario en este contexto, actualizar los factores de aumento K1 y K2, que actualmente están definidos de acuerdo con las regulaciones existentes, las cuales no se ajustan a la realidad de consumo de las regiones en crecimiento. Tal obsolescencia puede resultar en sistemas de agua potable sobredimensionados o subdimensionados y contribuir a su operabilidad y sostenibilidad.

El objetivo de este estudio es llenar las brechas técnicas mencionadas anteriormente, de modo que las futuras infraestructuras hidráulicas puedan ser diseñadas de acuerdo con las necesidades presentes y futuras del cantón, proponiendo el desarrollo de recomendaciones técnicas específicas, basadas en datos producidos localmente. El acceso regular y seguro al agua potable adecuada para uso personal y doméstico es un requisito fundamental para una vida digna y desempeña un papel crucial en casi todos los aspectos de la vida cotidiana, incluyendo la nutrición, la salud y la higiene, siendo esencial para el saneamiento, la producción de alimentos y los ingresos. En el contexto de este análisis, se considera la proyección demográfica del sector urbano del cantón Rumiñahui y se exponen los factores de expansión que garantizan la cobertura acústica de la demanda actual y futura. La planificación de la infraestructura se ve dificultada por los cambios diarios o semanales en el uso del agua.

En consecuencia, se ha sugerido la segmentación en coeficientes diarios y horarios para facilitar un dimensionamiento apropiado en función de las especificidades de cada región, previniendo así el desperdicio de recursos.

La propuesta surgiría de la necesidad de reajustar los coeficientes de aumento respectivos tanto para el caudal máximo horario (QMH) como para el caudal máximo diario (QMD), de acuerdo con datos estadísticos y empíricos obtenidos en zonas urbanas de Rumiñahui. La precisión presentada por estos modelos es crucial para una planificación inteligente y una gestión integrada de los sistemas de suministro de agua potable. Posibles beneficios del uso de estudios de población, registros históricos de demanda y patrones de consumo son:

2. 1 Eficiencia en la Planificación: Gracias al ajuste de los coeficientes de incremento, así como a datos empíricos y estadísticos, se mejora la organización de los sistemas de abastecimiento de agua potable, asegurando que su tamaño sea el adecuado para satisfacer de forma efectiva las necesidades de la población.

2. 2 Uso Preciso de Recursos: Al evitar la sobredimensión de las infraestructuras, se aseguran de que los recursos disponibles se utilicen de manera más efectiva, lo que resulta en una administración más eficiente y sostenible del agua potable en el Cantón Rumiñahui.

2. 3 Reducción de Costos: Al alterar los coeficientes variables basados en información científica, se reduce la necesidad de realizar una gran inversión en infraestructura, tanto en lo que respecta a la construcción como al mantenimiento de sistemas de suministro de agua que sean accesibles para todos, sin limitarse a la sostenibilidad ambiental. La prevención de la construcción de infraestructuras excesivamente grandes ha mejorado el uso de los recursos hídricos en el Cantón Rumiñahui, convirtiendo la conservación en un desarrollo más sostenible.

2. 4 Mejora en la Calidad del Servicio: Con coeficientes de incremento precisos, se asegura un suministro constante y fiable de agua potable para los habitantes del Cantón Rumiñahui, lo que eleva la calidad del servicio y la satisfacción de los usuarios.

En resumen, la sectorización propuesta y el ajuste de los coeficientes de mayoración con base en datos reales y proyecciones estadísticas representan un aporte novedoso

frente a estudios anteriores, los cuales tienden a aplicar valores genéricos sin considerar las particularidades de cada zona urbana. Esta metodología permite identificar variaciones significativas en el comportamiento del consumo optimizando el diseño hidráulico según las necesidades reales de cada sector del cantón Rumiñahui. La disponibilidad de datos históricos confiables un cronograma de ejecución definido a corto y mediano plazo y el respaldo de recursos técnicos y humanos especializados garantizan la factibilidad del estudio. Con ello, se busca contribuir a una planificación más eficiente, sostenible y resiliente de los sistemas de agua potable en contextos urbanos en constante crecimiento.

3 Objetivo

Objetivo General:

Determinar los coeficientes de mayoración para el diseño eficiente de sistemas de agua potable en las zonas urbanas del Cantón Rumiñahui, mediante un análisis integral de proyecciones poblacionales, caudales, datos históricos de demanda y sectorización de coeficientes de diseño, con el fin de optimizar la planificación y gestión de infraestructuras, garantizando un suministro de agua potable eficiente y sostenible.

Objetivos específicos:

1. Determinar los coeficientes de mayoración para el caudal máximo horario (QMH) y el caudal máximo diario (QMD) en las zonas urbanas del Cantón Rumiñahui mediante un análisis integral de datos demográficos, históricos de consumo y otros factores relevantes.
2. Validar los coeficientes determinados mediante comparaciones con datos históricos de demanda y caudales reales, verificando su precisión y confiabilidad en la predicción de las necesidades de agua potable en el Cantón Rumiñahui.
3. Generalizar los resultados obtenidos para su aplicación en casos similares dentro y fuera del Cantón Rumiñahui, identificando patrones y tendencias comunes en los coeficientes de mayoración y desarrollando recomendaciones para su implementación en otros contextos urbanos similares.

4 Marco teórico

4.1 Introducción a la Sectorización de Coeficientes de Diseño.

La clasificación de las variables de diseño en función de las cargas diurnas y las horas del día de los sistemas de distribución de agua constituye uno de los pasos fundamentales en la planificación de un sistema de provisión de agua potable. Este método promueve una mejora del uso de recursos y una planificación de infraestructura más exacta, con el objetivo de garantizar un abastecimiento de agua sostenible para la población, no solo en el presente, sino también en el futuro. En el contexto del cantón Rumiñahui, su importancia se incrementa, debido a las dinámicas de expansión urbana y demográfica que distinguen a sus parroquias rurales.

De acuerdo con Llanos (2021), La sectorización de los coeficientes de diseño diario y horario en los sistemas de agua potable es una herramienta inevitable para optimizar la planificación de la infraestructura y la gestión de los recursos hídricos para las ciudades. Un aspecto importante en el cantón Rumiñahui es establecer los coeficientes de variación diaria (K1) y horaria (K2) para tener el suministro de agua que cubra la demanda de agua de la sociedad.

Tradicionalmente, los coeficientes K1 y K2 se han adoptado con base en lineamientos generales establecidos por normativas como el Norma Ecuatoriana de la Construcción, el cual ofrece valores de referencia para el diseño de obras de agua potable. No obstante, estos parámetros normativos pueden no representar adecuadamente las condiciones particulares de cada región, dado que factores como el ritmo de crecimiento poblacional, los hábitos de consumo y las características climáticas presentan variaciones significativas entre distintas localidades.

En este contexto, los ajustes de los coeficientes de mayoración a la realidad de la localidad son vitales para lograr una eficiencia operativa mejorando una planificación sostenible de los sistemas de suministro de agua potable, tal como lo propone (Llanos,2021).

4.2 Fundamentos de los Coeficientes de Mayoración

El factor de amplificación, empleado como un parámetro primordial para calibrar el caudal medio (Q_{med}), considera las variaciones en el consumo diario de agua y en los intervalos temporales. Esta compensación se lleva a cabo mediante los coeficientes de incremento, K_1 y K_2 , dado que facilita una estimación más precisa de los flujos máximos que el sistema de distribución debe soportar.

Los coeficientes desempeñan un papel crucial en el análisis y selección de sistemas hidráulicos, particularmente en la planificación de redes de distribución de agua potable en áreas urbanas. Estos coeficientes, frecuentemente denominados K_1 y K_2 , alteran el flujo de diseño para reflejar las fluctuaciones en el uso del agua a lo largo del día y del año.

- El coeficiente K_1 alude a la variación diaria, empleada para determinar el caudal máximo que la red debe soportar cada día.
- El coeficiente K_2 considera a la variación horaria, la cual representa el flujo máximo horario del día.

Estos coeficientes permiten que el diseño de la red maneje los picos de demanda sin afectar el servicio. Tradicionalmente, los valores de K_1 y K_2 se toman de normativas estándar, como la Norma OS.100 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2006). Sin embargo, estos valores estándar pueden no reflejar las realidades específicas de cada ubicación, donde factores como la demografía, el clima y los patrones de consumo pueden influir significativamente en los patrones de uso del agua (Borda, 2020).

La división de los elementos de amplificación en distintas regiones permitió una calibración más precisa de los sistemas hidráulicos mediante un análisis detallado de los datos locales. Al analizar diferentes sectores, se observa cómo las tendencias de consumo varían entre áreas residenciales, comerciales e industriales. Esto no solo contribuye a ajustar las tasas de crecimiento en varios departamentos, sino que también mejora las capacidades de pronóstico y planificación, logrando así un uso más eficaz de los recursos de agua. La importancia de detectar y aplicar factores de amplificación apropiados en el diseño hidráulico se vuelve evidente al tener en cuenta las consecuencias del error en las dimensiones.

Si se subestima, la red puede experimentar escasez de suministro durante períodos de alta demanda, y si se sobreestima, se incurrirá en costos innecesarios de construcción y operación (Agudelo, 2020).

4.3 Crecimiento Urbano y Demográfico en el Cantón Rumiñahui

Este crecimiento ha creado la necesidad de actualizar los coeficientes de diseño utilizados en los sistemas de distribución de agua potable, para asegurar que estén alineados con las necesidades actuales y proyectadas de la población.

El aumento de la población y el crecimiento de las ciudades están generando una mayor demanda sobre las infraestructuras existentes, muchas de las cuales fueron creadas para una población considerablemente menor. La segmentación puede dividir un área de servicio en partes más pequeñas y manejables, lo que ayuda en el control y la gestión del uso del agua, además de mejorar la eficacia del sistema. Este método es especialmente significativo en la provincia de Rumiñahui, donde el uso del agua puede fluctuar considerablemente según la variedad de actividades y la concentración de habitantes en distintas zonas. Al igual que en otros lugares, centrarse en analizar y mejorar las instalaciones de agua potable en el cantón Rumiñahui subraya la necesidad de establecer un sistema sólido y dimensionado adecuadamente para enfrentar la realidad actual y las demandas futuras de la población. Esto implica no solo la renovación de las infraestructuras actuales, sino también la incorporación de nuevas tecnologías y metodologías que faciliten la optimización en la distribución del agua, la reducción de pérdidas en el sistema y la mejora de la calidad del servicio ofrecido (Valladares, 2021).

4.4 Metodología para la Determinación de Coeficientes de Mayoración

Esta herramienta desempeña un papel fundamental en la investigación y administración del abastecimiento de agua potable, especialmente en las zonas urbanas del cantón Rumiñahui en Sangolquí, San Pedro de Taboada y San Rafael. Estos coeficientes ajustan la demanda media en función de las fluctuaciones diarias y la aplicación del sistema operativo. Es imperativo efectuar una evaluación óptima para satisfacer la demanda estándar y persistente del sistema, así como para prevenir la sobreprovisión y subprovisión de la red.

La sectorización, entendida como la división del sistema de distribución en unidades más pequeñas y controlables, depende directamente de la precisión con la que se calculen estos coeficientes. Para cada sector se requiere determinar:

- Coeficientes de mayoración que consideren particularidades del consumo, tales como la densidad poblacional y el tipo de uso del suelo.
- Comportamientos específicos de la población usuaria.

Estos valores también son necesarios para dimensionar adecuadamente los componentes del sistema, incluidos tuberías, tanques y válvulas, de modo que cada parte pueda manejar el flujo requerido de manera segura y eficiente. El estudio de estos coeficientes se basa en un sistema de monitoreo de consumo histórico, en encuestas de campo y en modelos de simulación que simulan diversas demandas. Anticipando la ocurrencia de consumos notablemente altos o bajos, por ejemplo, en un día festivo o un día caluroso en el que se asume que se producirá una alta ingesta de agua. (Chamorro & Sango, 2024).

Al adoptar tal directriz, el diseño del sistema de agua dulce puede ser diseñado para operar no solo satisfactoriamente bajo circunstancias normales, sino también para hacer frente a amplias fluctuaciones de demanda. Esto es importante para la entrega ininterrumpida de agua de alta calidad, para operaciones eficientes y para minimizar los costos operativos y de mantenimiento. (Llanos, 2021).

4.5 Importancia de la Sectorización en la Planificación Urbana

La importancia de la sectorización radica en su habilidad para segmentar el sistema de distribución hídrica en segmentos más pequeños y prácticos con el fin de examinar la demanda y el consumo de agua. Este tipo de subdivisión resulta imprescindible para el análisis de perfiles de uso específicos y la planificación de la optimización de la infraestructura actual y la creación de nuevas inversiones opcionales. La sectorización facilita una intervención más ágil y eficaz en situaciones de emergencia, tales como fugas o cortes de agua. Las autoridades tienen la capacidad de intervenir en las divisiones afectadas sin impactar al resto del sistema, dado que están al tanto del momento en que dichas divisiones están afectadas. Esto lleva al tema del tiempo; en una ciudad densa y ocupada, la velocidad de reacción es importante, ya que una

debilidad en el sistema puede afectar potencialmente a muchos habitantes en pocas horas. Cuando este método se utiliza en el diseño de redes de agua potable, la red no solo funciona bien bajo condiciones normales, sino que también es capaz de responder a grandes variaciones en la demanda. Esta característica es vital para mantener el suministro de agua de alta calidad, minimizar la operación del sistema y ayudar a reducir los costos de operación y mantenimiento del sistema. (Usua, 2018).

Desde el punto de vista de la planificación urbana, la sectorización incentiva un desarrollo más sostenible, facilitando la implementación de políticas vinculadas con la conservación del agua y la gestión de la demanda de agua. La interpretación de las tendencias de consumo en estos diferentes sectores puede aportar al progreso de iniciativas educativas y de concientización, adaptadas a las características y comportamientos de cada comunidad, con la finalidad de promover un uso más lógico y óptimo del agua (Copa & Gonzalo, 2021).

4.6 Normativa Ecuatoriana y su Aplicación en el Diseño de Sistemas de Agua Potable

La construcción de infraestructuras hidráulicas tendría que estar orientada por criterios técnicos que aseguren un servicio eficaz, seguro y sostenible. Desde esta perspectiva, la disposición de los coeficientes de diseño diarios y horarios para las parroquias urbanas del cantón Rumiñahui representa un método esencial para la regularización de los procedimientos, la eficiencia de la planificación técnica y la certeza de que las redes de distribución de agua se ajusten a las condiciones locales y a las demandas reales de la población.

En Ecuador, normas específicas como el Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC) y las especificaciones técnicas del CPE INEN establecen criterios claros para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de sistemas de agua potable. Estas regulaciones se refieren a los coeficientes de variación de consumo, calidad del agua, presiones mínimas y máximas, propiedades de los materiales a utilizar. La aplicación del sistema cumple con los estándares nacionales y proporciona la mejor operación en las condiciones ambientales específicas de cada ciudad. (Calderón & Tello, 2022).

En este contexto, el cantón Rumiñahui, se distingue por demandas hídricas fluctuantes y diversas estructuras demográficas, resulta esencial que los diseños de sistemas de suministro de agua potable se alineen con estas regulaciones. Esto asegura que los coeficientes de diseño, tales como los de modulación horario y diario, sean correctas para las características locales y que la infraestructura esté adecuadamente dimensionada para evitar problemas como el subdimensionamiento o sobredimensionamiento, los cuales pueden comprometer la eficiencia del servicio.

Además, las normas ecuatorianas exigen la consideración de criterios como el bastión de los sistemas para soportar el riesgo de eventos extremos y su capacidad de responder a la expansión urbana en algún momento en el futuro. Esta consideración se vuelve aún más significativa en desarrollos urbanos con tendencias de crecimiento como Sangolquí, San Pedro de Taboada y San Rafael, en los cuales la planificación no solo debe tener en cuenta un aumento en la demanda, sino también el crecimiento del sistema. De hecho, se ha convertido en más que una ley, sino en una herramienta para el correcto funcionamiento de la infraestructura hídrica en el país. (Balcazár, 2021).

4.7 Proyecciones Demográficas y su Impacto en el Diseño de Sistemas de Agua Potable

Es un componente esencial en la planificación de redes de suministro de agua potable, partiendo en centros urbanos en crecimiento, al igual que las parroquias urbanas y rurales con el Cantón Rumiñahui. Estas proyecciones pueden utilizarse para estimar las futuras demandas de agua potable, por las cuales diseñar la infraestructura para soportar esta demanda durante el período de diseño y sequía.

La demanda municipal proyectada del crecimiento de la población puede usarse para proyectar patrones de urbanización, expansión de desarrollos residenciales, cambios en el uso del suelo, todo lo cual afecta la demanda de agua municipal. El crecimiento de la población aumenta no solo el consumo general, sino también los patrones de consumo horario y diario afectando así los coeficientes de diseño que deben examinarse para dimensionar el sistema de transporte de tuberías de agua. Dentro del concepto de la sectorización del coeficiente de diseño, en actividades, la proyección demográfica estas el flujo a recibir, la presión requerida en la red y el

diámetro de los conductos, entre otras variables determinantes. Si estas estimaciones no son precisas o no se tienen en cuenta en el diseño, el sistema puede estar subdimensionado, lo que puede resultar en una falta de suministro de agua, o sobredimensionado, lo que puede llevar al desperdicio de agua. (Mas, 2021).

La influencia de estas proyecciones de población en el diseño de sistemas de agua potable sirve para prepararse para el crecimiento futuro de la población e introducir tecnologías más eficientes para gestionar y distribuir el agua. Dado el rápido crecimiento de algunas áreas, como las parroquias del Cantón Rumiñahui discutidas aquí, es esencial que las proyecciones estén respaldadas por datos recientes y modelos precisos, para asegurar que la inversión en infraestructura sea sostenible a lo largo del tiempo y efectiva a largo plazo (Landívar, 2021).

4.8 Análisis de Consumo de Agua y su Variabilidad

El uso del agua no es estático y varía considerablemente entre las diferentes horas del día, con implicaciones para el perfil sociodemográfico de la población. Tales variabilidades hacen importante analizar qué coeficientes de diseño son apropiados para las demandas diarias y horarias dominantes. Esto asegura que el sistema pueda hacer frente a las demandas máximas sin comprometer la viabilidad económica del servicio. (Hernández, 2024). En zonas con una mayor densidad poblacional o con un perfil económico más alto podrían mostrar picos de consumo más elevados en ciertas horas del día, lo que requiere cambios en los coeficientes de diseño k_1 y k_2 así se podría evitar la sobrecarga de las redes de distribución en esos momentos críticos a lo largo del día.

Además, la variabilidad en la utilización del agua puede ser influenciada por eventos externos tales como sequías, modificaciones en la utilización del suelo o incluso actividades económicas. Este hecho subraya la exigencia de un sistema de supervisión constante para considerar la variación en tiempo real del coeficiente de diseño y garantizar una resistencia del sistema a eventos inesperados. El entendimiento del flujo hídrico y su fluctuación constituye el fundamento para la construcción de sistemas de suministro eficaces adaptados a la demanda local, así como para la proyección y planificación del proceso para prever y administrar la demanda. (Ramírez, 2024).

4.9 Impacto de la Climatología en el Consumo de Agua

El impacto del clima en la demanda de agua es un factor importante a tener en cuenta para la planificación y diseño de sistemas de suministro de agua, especialmente en áreas urbanas en crecimiento, como las parroquias del Cantón Rumiñahui. El patrón de uso del agua está directamente asociado a la variabilidad climática, no solo en su cantidad, sino también en el momento con impacto en la presión de la red de suministro de agua para el consumo humano.

- A lo largo de períodos de elevadas temperaturas, se observa un incremento notable en el consumo de agua, atribuible a la necesidad de riego en espacios verdes, el aumento en la utilización doméstica para la refrigeración y el consumo humano.
- En períodos de precipitaciones intensas, el consumo de agua puede presentar una disminución. Sin embargo, la capacidad de infiltración del suelo puede influir en la disponibilidad y calidad del agua subterránea, que en numerosos casos constituye la principal fuente de suministro hídrico.

Esta variabilidad en el consumo, vinculada a las condiciones climáticas, muestra la necesidad de un diseño adaptable en las redes de distribución de agua, que resista la intensidad de dichas variaciones en la demanda y asegure al consumidor un suministro continuo de agua. El cambio climático está alimentando aún más estos cambios, haciendo que los períodos secos sean más prolongados y las lluvias más extremas e irregulares. Los sistemas de agua potable en áreas urbanas, como Sangolquí, San Pedro de Taboada y San Rafael, deben diseñarse de manera que tengan una capacidad de respuesta para atender las demandas actuales, pero también para enfrentar futuros escenarios donde haya más incertidumbre climática. Aprovechar el acueducto para suministrar a los edificios de cada sector con el requisito exacto para los coeficientes de diseño con caudales mínimos, medios, máximos entre ellos nos permite adaptar la infraestructura y los recursos bajo perfiles sectoriales cambiantes para ofrecer un mejor uso del agua y minimizar el riesgo de escasez o mala distribución (Castillo & Vásquez, 2021).

4.10 Casos de Estudio: Aplicaciones de la Sectorización en Ciudades Similares

Como estudio de caso se seleccionó el modelo de sectorización aplicado a la distribución de agua potable de la región de Santiago, República Dominicana. Este estudio de caso es interesante porque permite una comprensión detallada de todos los problemas y todos los beneficios obtenidos al operar un esquema sectorizado, en este caso, en áreas de alta expansión hidráulica y tuberías antiguas. En Tamboril, la sectorización hizo posible la detección y corrección de necesidades prioritarias dentro de la red de distribución, como la inyección de sectores no presurizados y sectores sobre presurizados. Estos son problemas que afectan a muchas ciudades que han crecido con el tiempo y no han evolucionado su infraestructura en consecuencia. La creación de un modelo calibrado como el proporcionado por EPANET presentó una imagen detallada de cómo funcionaba la red y permitió a los gestores del agua tomar decisiones informadas sobre cómo reducir el agua no facturada. (De León & Libertad, 2021).

En otros proyectos similares como por ejemplo en la misma ciudad de Trujillo, estaba subdividiendo la red de distribución en sectores hidrométricos, teniendo las avenidas principales como el límite natural de la sectorización. Esta subdivisión permitió simulaciones hidráulicas más específicas y análisis de la demanda de agua, presión, escalonamiento del servicio y pérdidas de flujo. El uso del software WaterCAD, Darwin Designer y otras utilidades, llevó a la generación de un modelo calibrado de los resultados de la red existente que presenta el rendimiento real de la red, permitiéndonos conocer las deficiencias y las posibilidades de mejora del sistema. Los resultados para Trujillo demuestran que una sectorización adecuada puede generar ganancias bastante significativas en la eficiencia hidráulica de la red. La reducción de pérdidas y la optimización de parámetros como presión y caudal no solo benefician a los usuarios, sino que también promueven una gestión más sostenible del agua (Aguilar & Trujillo, 2022).

Estos estudios de caso, correspondientes a Tamboril y Trujillo, ofrecen un marco referencial importante para implementar la sectorización en el cantón Rumiñahui. El análisis de experiencias previas en contextos similares permite anticipar desafíos y adaptar soluciones con un enfoque orientado a la mejora continua del servicio de agua potable.

4.11 Desafíos y Oportunidades en la Gestión del Agua en Zonas Urbanas en Crecimiento

La gestión del agua en zonas urbanas en crecimiento enfrenta desafíos significativos debido a la rápida expansión demográfica y a la presión creciente sobre los recursos hídricos existentes. La concepción y planificación de infraestructuras eficaces destinadas a la distribución de agua potable, sistemas de alcantarillado y drenaje adquieren una relevancia fundamental. La urbanización no solo incrementa la demanda de agua, sino que también complica la gestión de los recursos debido a la diversidad topográfica y las fluctuaciones en la utilización del suelo.

Planificación integrada de infraestructuras de agua, aguas residuales y aguas pluviales, como el crecimiento poblacional previsto, las características del paisaje topográfico y los requisitos futuros de la comunidad. Se utilizaron mapas y pozos de prueba en el diseño del sistema, que también puede ampliarse según sea necesario para los próximos 20-30 años. La sectorización de los factores de diseño diarios y horarios será, por tanto, el enfoque principal para abordarlos. La distribución en sectores más pequeños y la regulación del flujo según la demanda real pueden ayudar en esta mejora y en la reducción de pérdidas al proporcionar un suministro de agua continuo y seguro. Este enfoque, junto con la mayor precisión que ofrece, y por lo tanto el mayor control que permite para contrarrestar la estacionalidad y las emergencias problemas que serían particularmente críticos en un contexto de rápida urbanización. (Arteaga & Prieto, 2019).

A través de la implementación de técnicas de diseño y planificación fundamentadas en un análisis analítico de las condiciones locales, se pueden abordar no solo los problemas actuales, sino también aprovechar las oportunidades para maximizar la calidad de vida de la población a largo plazo.

4.11.1 Adaptación a las Condiciones Locales

La capacidad de adaptación a las circunstancias locales constituye un elemento esencial en la planificación y ejecución de proyectos de infraestructura, en particular en el marco de la sectorización de coeficientes de diseño diarios y horarios en áreas urbanas. Cada localidad muestra características especiales en lo que respecta a:

- Topografía
- Clima
- Densidad poblacional
- Patrones de consumo de agua

Lo que hace imprescindible ajustar las metodologías y tecnologías a las realidades específicas de la región.

El ajuste incluye una consideración cuidadosa de las características geográficas y de población locales que afectan los patrones de comportamiento de toda la red de distribución de agua. Las variaciones en la altitud afectan la presión del agua, un factor que debe tenerse en cuenta en el diseño de los sistemas de distribución de agua para garantizar que estén uniformemente presurizados y así evitar roturas o fugas en áreas de baja o alta presión. De manera similar, los factores climáticos variables dentro de la región (como las irregularidades temporales en las precipitaciones estacionales, los requisitos de agua y la planificación de reservas) nos informan sobre la heterogeneidad. El uso de planes de sectorización modificados no solo resulta en un aumento de la eficiencia del uso del agua y el control de la red, sino también en una respuesta efectiva de la red a las variaciones de demanda de la red, que ocurren en diferentes momentos del día y del año. La práctica muestra que tales proyectos, que incorporan un sólido conocimiento local, no solo son operativamente más eficientes sino también sostenibles a largo plazo. Esto se debe al hecho de que la planificación de acuerdo con el contexto natural local puede reducir el riesgo de colapso de la infraestructura y puede explotar de manera eficiente tanto los recursos locales como el hábitat (López, 2022).

4.11.2 Uso de Tecnologías de Monitoreo

La integración de tecnologías de seguimiento ha emergido como un elemento crucial para la administración eficaz y sostenible de los recursos hídricos, particularmente en la segmentación de coeficientes de diseño diarios y horarios en áreas urbanas en expansión. Estas herramientas posibilitan un control minucioso del consumo de agua, lo que simplifica la detección de patrones de uso, la detección de anomalías en la red de distribución y la ejecución de estrategias orientadas al ahorro del recurso.

La administración constante de las redes de distribución hídrica es crucial para asegurar un suministro adecuado y prevenir fugas. Mediante la incorporación de sensores y sistemas de control contemporáneos, se facilitará la medición en tiempo real de parámetros tales como la presión, el flujo y la calidad del agua. Esta capacidad no solo aumenta la funcionalidad del sistema, sino que también entrega con la velocidad requerida para responder a irregularidades o desequilibrios. La implementación de tecnologías de seguimiento también les ofrece datos analíticos consumidos incluidos por posición y cortes de tiempo, cruciales para la calibración de factores de diseño y la optimización de la sectorización. En un escenario de crecimiento urbano como el de Rumiñahui, donde la presión sobre el agua aumenta, la implementación de estas medidas permite llevar a una gestión del agua más estratégica y resiliente, con claras mejoras ambientales. (Villazante, 2022).

4.11.3 Capacitación y Participación de la Comunidad

La capacitación y la implicación de la comunidad son factores esenciales para lograr el éxito en la implementación de proyectos relacionados con la división de coeficientes de diseño tanto diarios como horarios. Incluir a los residentes asegura no solo que entiendan la importancia y el funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento, sino que también cultiva un sentido compartido de responsabilidad por el uso eficiente y sostenible de los recursos hídricos.

La educación y la participación de la comunidad son igualmente vitales para la efectividad de los proyectos de sectorización de los coeficientes de diseño de agua. Involucrar a los ciudadanos desde el principio tiene como objetivo no solo aumentar la comprensión sobre la relevancia y el funcionamiento de los sistemas de agua potable y de aguas residuales, sino también fomentar un sentido de responsabilidad colectiva respecto a la gestión sostenible y eficiente de los recursos hídricos.

El control por parte de la comunidad en la administración del agua brinda la oportunidad de integrar a los ciudadanos que comparten experiencias sobre el comportamiento ambiental, lo cual es fundamental para ajustar el modelo de sectorización a las condiciones cotidianas. La comunidad recibe formación tanto en la operación como en el mantenimiento del sistema de agua, reduciendo así la necesidad

de asistencia externa a largo plazo. Las tecnologías que facilitan la supervisión y gestión del agua requieren la activa participación de la comunidad.

Por otro lado, la gente local entenderá cómo funcionan estas infraestructuras y cómo están vinculadas al uso y confort, lo que reforzará y aumentará la relación entre la tecnología y sus usuarios. Este mecanismo busca no solo el mejor uso de la administración técnica del agua, sino que tiene como propósito principal concienciar a la población sobre el consumo sensato y económico, un tema de suma importancia para la preservación de los recursos en el contexto actual de expansión urbana y demanda (Baneo, 2021).

4.11.4 Revisión y Actualización Periódica

La evaluación regular del sistema de factores de zonificación y la adaptación de los factores de diseño diarios y horarios constituyen una de las exigencias fundamentales para la operación de un servicio de suministro de agua eficaz, fiable y sostenible. El incremento poblacional, el consumo y las alteraciones provocadas por las condiciones climáticas, junto con el metabolismo urbano, demandan también que los sistemas experimenten modificaciones y adaptaciones, admitiendo nuevas reasignaciones.

La función de actualización periódica facilita la adaptación de los coeficientes de diseño a las demandas contemporáneas, optimizando así el rendimiento del sistema hidráulico cuando las condiciones de demanda fluctúan. Adicionalmente, la supervisión continua de los parámetros operativos y componentes del sistema facilitará el reconocimiento anticipado de fallos y la optimización del rendimiento antes de que una falla se manifieste a gran escala. Este constituye un elemento crucial a considerar en su implementación en regiones con insuficiencia hídrica o en comunidades que experimentan un acelerado desarrollo urbano.

La aplicación de herramientas de monitoreo y análisis, tecnologías de sensores y modelos hidráulicos computacionales a esta evaluación, aumenta la eficiencia de la evaluación. Herramientas, como el sistema de monitoreo utilizando EPANET y Sistemas de Información Geográfica (SIG), pueden ofrecer una solución de monitoreo en tiempo real de los sistemas, para minimizar (y hacer frente a) la escasez de agua y lograr el uso

más eficiente del agua. Una política de revisión y ajuste no ofrecería garantía de que los servicios se estén proporcionando de manera más eficiente y efectiva, y más cercana a las propias leyes y estándares en evolución de la comunidad. (Alvarado & Barahona, 2021).

4.11.5 Colaboración Interinstitucional

La coordinación interinstitucional es primordial en la gestión de proyectos complejos, tales como la sectorización de coeficientes de diseño diarios y horarios en zonas urbanas. La colaboración entre varias entidades garantiza que el proyecto se desarrolle con una perspectiva integral y que se consideren las particularidades de cada parroquia.

La construcción de un proyecto de esta escala es generalmente un complicado acto de malabarismo entre varios actores, diferentes criterios y restricciones, y actores públicos y privados: municipios, escuelas, empresas de servicios públicos, organizaciones comunitarias. Todo esto ofrece su conocimiento y herramientas específicas; el paisaje multidisciplinario es así poderoso, contribuyendo con datos de gestión municipal, como datos demográficos y de urbanización. Las organizaciones gubernamentales pueden tener algunos datos sobre consumo o capacidad de infraestructura. Además, los institutos científicos pueden cooperar en el análisis de datos e investigación, y la base comunitaria puede participar en la implicación comunitaria, siendo la propiedad local indispensable para que el proyecto sea adoptado y exitoso. Este tipo de cooperación interinstitucional tiene sentido no solo en el ámbito de la maximización de recursos, sino también en relación con el impacto y la sostenibilidad a lo largo del tiempo. (Cespedes & Correa, 2021).

4.12 Normativas y Regulaciones Aplicables en la Gestión del Recurso de Agua Potable

La red de distribución es la piedra angular de la programación, operación y gestión. Estas medidas están destinadas a controlar la calidad y seguridad del agua suministrada y a proteger la capacidad y sostenibilidad a largo plazo del sistema de distribución. Desempeña un papel clave en la planificación, operación y monitoreo de las redes de distribución. Las regulaciones sirven no solo para garantizar la calidad y

seguridad del agua que fluye, sino también para asegurar el funcionamiento sin ruido, confiable y económico de la red de suministro de agua a largo plazo.

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos: Las Reglas de Uso y Utilización de Documentos de Agua en relación con el uso preferencial del agua son los documentos básicos en la doctrina del uso del agua. Priorizan los usos humanos del agua y abogan por un acceso equitativo al agua. Estas reglas también tienen como objetivo proteger las fuentes de agua para que puedan permanecer durante mucho tiempo.

Normas Técnicas Ecuatorianas (NTE INEN): Es imperativo definir los parámetros físicos, químicos y biológicos requeridos para asegurar la idoneidad del agua para el consumo humano. Estas normativas son fundamentales en el proceso de conceptualización y operación de las redes de distribución, asegurando que el agua distribuida a los hogares cumpla con los estándares de salubridad y seguridad establecidos.

La Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA): Como el organismo gubernamental a cargo de la política del agua en Ecuador, este organismo ha proporcionado normas técnicas que afectan el diseño de sistemas de agua potable, así como los coeficientes de aumento K1 y K2. No existen normas nacionalizadas para los valores específicos de K1 y K2, pero se pueden aplicar valores de referencia de 1.3–1.5 para K1 y 2.0–2.3 para K2 dependiendo de las condiciones locales y el tipo de sistema. SENAGUA establece, a través de directrices y normas técnicas, que se debe buscar ajustar estos coeficientes basándose en estudios y mediciones de consumo real, en el caso de altas densidades de población o sistemas de importancia estratégica. Esta práctica operativa busca lograr un diseño hidráulico más preciso y estable que debe lidiar con variaciones de demanda y situaciones de riesgo de operación. El cumplimiento mínimo con estas bases de estandarización-registro está confiado a la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), un organismo del sistema nacional de regulación.

4.14 Impacto de la Urbanización en la Gestión de Agua Potable

El incremento de la densidad de población y la expansión acelerada han aumentado la demanda de agua potable, poniendo en discusión el potencial de la infraestructura hídrica actual. En el contexto actual, es oportuno adoptar

procedimientos que permitan la sectorización de los coeficientes de diseño, teniendo en cuenta tanto la variación diaria como la horaria, con el fin de optimizar la gestión de los recursos.

Con el crecimiento de las ciudades, el sistema de suministro de agua potable debe enfrentar, entre otros, al menos tres grandes desafíos: la renovación de la red, el mantenimiento de una red muy antigua y las fugas visibles e invisibles. Las tecnologías más recientes, como los registradores de datos, deben estar vinculadas con tecnologías capaces de monitorear en tiempo real la presión, la calidad del agua y, en consecuencia, apoyar la continuidad del servicio, para actuar eficazmente cuando se detecta una perturbación. Esta flexibilidad es crucial en las áreas desarrolladas, donde el uso del agua puede tener discrepancias sustanciales entre el uso residencial, comercial e industrial del agua. En el desarrollo de la urbanización, un gran número de personas fluye hacia menos espacio, que ocupa y el consumo de agua per cápita es mayor, junto con la sobreexplotación del agua a la escala del suplemento local. Mediante la mejor subdivisión de los coeficientes de diseño, el suministro de agua puede calibrarse dinámicamente según las necesidades reales locales. Esta estrategia no solo ahorra recursos, sino que también previene problemas potenciales, como la sobrepresión, que puede provocar grietas o fugas en porciones específicas de la red. (Ayala, 2023).

De esta manera, una gestión eficiente del agua potable en contextos urbanos no solo requiere infraestructuras resistentes, sino también un enfoque integral que combine la planificación urbana con tecnologías de monitoreo y control sofisticadas. Esto posibilita no solo cubrir la demanda presente, sino también anticipar las futuras necesidades, garantizando un servicio de calidad para toda la población de las parroquias urbanas del Cantón Rumiñahui.

5. Metodología

La metodología para la sectorización de coeficientes de diseño diarios y horarios para zonas urbanas involucra un desarrollo que combina varios factores que se detallarán a continuación:

5.1 Recolección de Datos

Fuentes de Datos:

- **Proyecciones Poblacionales:** Se utiliza los censos locales para obtener las proyecciones de crecimiento poblacional.
- **Datos Históricos de Demanda:** Recopilar datos históricos de consumo de agua proporcionados por el GADMUR de los medidores de todas las viviendas del cantón Rumiñahui.

5.2 Análisis de Datos

5.2.1 Proyecciones Poblacionales:

Para la estimación de la población futura en los sectores de Sangolquí, San Rafael y San Pedro, pertenecientes al cantón Rumiñahui, se utilizó un enfoque indirecto basado en el número de medidores de agua instalados, considerando que cada medidor representa una vivienda. Con base en los datos del último Censo de Población y Vivienda realizado en el Ecuador, se estableció un promedio de 4 habitantes por vivienda. Esta relación permitió proyectar la población total de cada sector mediante la siguiente fórmula:

$$Poblacion\ Estimada = N_{medidores} * 4 \left(\frac{habitantes}{vivienda} \right)$$

Donde $N_{medidores}$ es el número de medidores activos registrados en el sistema de distribución de agua potable. Esta metodología proporciona una base coherente y actualizada para el cálculo del caudal de diseño, permitiendo una planificación más precisa del sistema hidráulico en función de la demanda poblacional proyectada.

5.2.2 Coeficiente de Mayoración K1 y K2:

- Calcular el caudal promedio (Q_{med}) a partir de los datos históricos de demanda en el periodo 2010-2022.

$$Q_{med} = \frac{\sum Qi}{365 * 86400}$$

Donde Qi es volumen total anual.

- Calcular el caudal máximo (Q_{max}) a partir de los datos históricos de demanda en el periodo 2010-2022.

$$\text{Caudal Máximo: } Q_{max} = \frac{\sum Q_{max}}{86400}$$

Donde Q_i es volumen máximo diario de todo este año.

- Para determinar K_1 utilizando la relación entre el caudal máximo y el caudal promedio.

$$K_1 = \frac{Q_{max}}{Q_{med}}$$

- Calcular el caudal máximo horario (Q_{max_hr}) a partir de los datos históricos de demanda en el periodo 2010-2022.

$$Q_{med} = \frac{Q_{max}}{30 \times 3600}$$

Donde Q_{max} es volumen máximo horario de todo este año.

- Para determinar K_2 utilizando la relación entre el caudal máximo hora y el caudal promedio.

$$K_2 = \frac{Q_{max_hr}}{Q_{med}}$$

5.2.3 Proyecciones Demográficas y de Consumo a Futuro.

- **Método Exponencial:**

Se estimo la proyección futura de la población y el consumo de agua potable en la parroquia de Sangolquí, San Pedro de Taboada y San Rafael se empleó un modelo de crecimiento exponencial basado en los registros históricos comprendidos entre los años 2010 y 2022. La proyección se realizó con la siguiente formula: (Ullah M. M., Análisis y proyección de la población futura de Bangladesh mediante un modelo de crecimiento logístico., 2019)

$$y = a * e^{b*x}$$

Donde:

y : representa la variable de población o consumo.

x : es el número de años desde el 2022.

a : es el valor inicial en ese año.

b : es la tasa de crecimiento.

Los parámetros fueron determinados a partir del análisis de los datos históricos mediante el uso de funciones estadísticas en Excel aplicando un modelo exponencial

para facilitar el ajuste. A partir de estos coeficientes se proyectaron ambos indicadores hasta el año 2035, permitiendo evaluar el comportamiento esperado del sistema de agua potable bajo condiciones de demanda creciente, lo cual es fundamental para la planificación y dimensionamiento hidráulico de futuras infraestructuras.

- **Método Aritmético:**

El método aritmético de proyección poblacional consiste en estimar el crecimiento futuro mediante la incorporación de un incremento constante basado en la variación histórica observada. En el caso de las parroquias de Sangolquí, San Pedro de Taboada y San Rafael, esta técnica se aplicó utilizando registros demográficos obtenidos entre 2010 y 2022, calculando una tasa de crecimiento anual promedio que luego fue proyectada de forma lineal hasta el año 2035. Este enfoque, aunque simplificado, resulta eficiente en áreas donde el crecimiento poblacional indica una tendencia constante y permite prever la demanda futura de servicios fundamentales como la provisión de agua potable, lo que facilita una planificación hidráulica en consonancia con la dinámica territorial auténtica. (Ullah M. M., Análisis y proyección de la población futura de Bangladesh mediante un modelo de crecimiento logístico., 2019)

$$P_n = P_o + n * R$$

Donde:

P_n es la población proyectada para un número determinado de años.

P_o es la población del año base.

n es el número entre el periodo inicial y el proyectado.

R es la tasa de crecimiento aritmético.

- **Método Geométrico:**

El modelo geométrico asume que la población crece a una tasa constante de un año a otro, es decir, el incremento anual está directamente relacionado con un porcentaje de la población del año anterior. Este modelo es particularmente poderoso frente al crecimiento acelerado y espontáneo, que es lo que se ha experimentado en las parroquias de Sangolquí, San Pedro de Taboada y San Rafael, donde se ha evidenciado

esta tendencia de desarrollo urbano. Para la realización de la proyección, se calculó la tasa media de crecimiento a través de los datos demográficos acumulados entre 2010 y 2022. Esta tasa se empleó para estimar la población anual hasta el 2035, conforme a la ecuación $P_n = P_0 \times (1 + r)^n$. El método geométrico permite una estimación más dinámica de la población futura, lo cual es fundamental para dimensionar adecuadamente los sistemas hidráulicos en zonas con variaciones demográficas significativas. (Ullah M. M., Análisis y proyección de la población futura de Bangladesh mediante un modelo de crecimiento logístico., 2019)

$$P_n = P_0 * (1 + r)^n$$

Donde: P_n es la población en un período futuro.

P_0 : es la población inicial.

r : la tasa de crecimiento poblacional geométrica.

n : el número de períodos de tiempo.

5.3 Sectorización de Coeficientes

Con el propósito de optimizar el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el Cantón Rumiñahui, se plantea una sectorización del área de estudio en tres zonas representativas: Sangolquí, San Pedro de Taboada y San Rafael. Esta división permite abordar las particularidades demográficas y de consumo de cada sector. En Sangolquí, por su carácter urbano consolidado y alta densidad poblacional, se espera un comportamiento de consumo más estable, pero con picos marcados en meses específicos, lo cual influirá en valores altos de K_1 (caudal máximo horario). En contraste, San Pedro, de naturaleza más rural y con menor presión sobre la infraestructura, presentará coeficientes más moderados, pero con posibles fluctuaciones estacionales que deben ser consideradas en K_2 (caudal máximo diario). San Rafael, en proceso de expansión urbana, combina características de ambas zonas, lo que exige una evaluación dinámica de sus coeficientes.

El proceso metodológico para determinar los coeficientes K_1 y K_2 en cada sector, parte del análisis de datos históricas de consumo mensual y poblacional, considerando

al menos un horizonte de 12 años. (GADMUR, 2025) Se calcula el caudal medio anual por vivienda y se identifican los meses de mayor demanda para estimar los caudales máximos diarios y horarios. A partir de estos valores se obtiene $K2=Qmd/Qmed$ y $K1=Qmh/Qmed$, siendo Qmd y Qmh los caudales máximos diario y horario respectivamente, y $Qmed$ el caudal promedio. Esta sectorización no solo permite ajustar con mayor precisión el diseño hidráulico de las redes, sino también anticipar comportamientos críticos en función del desarrollo urbano y cambios en los patrones de consumo en cada zona, contribuyendo a una planificación sostenible del recurso hídrico.

Se utiliza mapas temáticos para representar visualmente la sectorización y los coeficientes de mayoración.

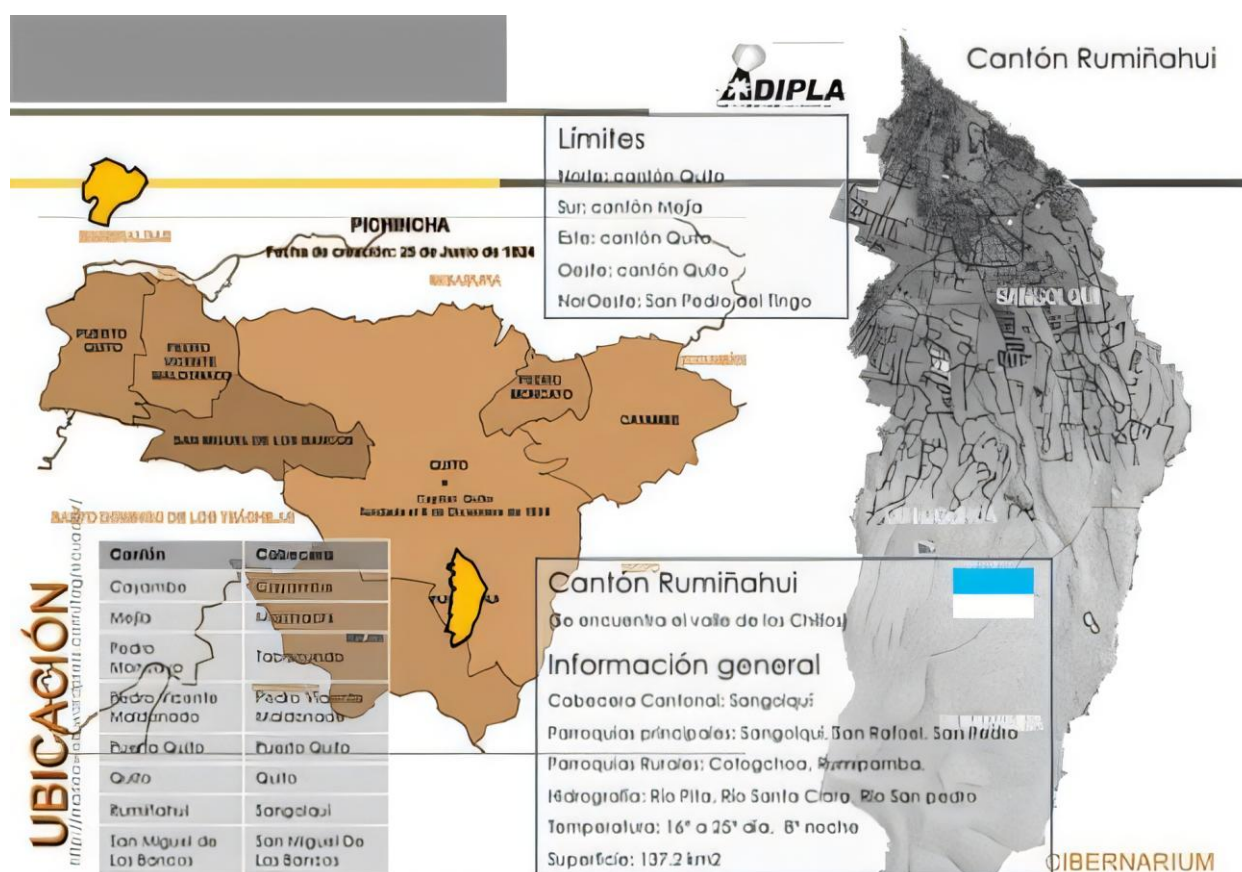


Figura 1. Ubicación del Cantón Rumiñahui. (GADMUR)

RUMIÑAHUI



Figura 2. Sectorización Cantón Rumiñahui. - GADMUR

5 Resultados

5.1 Comportamiento del consumo de agua potable.

5.1.1 Tendencias anuales y mensuales del consumo por sector (Sangolquí, San Pedro, San Rafael).

Se obtuvo información mensual desde el año 2010 hasta el 2022 sobre el número de medidores de agua instalados en los sectores de Sangolquí, San Rafael y San Pedro, en el cantón Rumiñahui. Estos registros, proporcionados por la empresa prestadora del servicio de agua potable, permitieron establecer una base de datos representativa del crecimiento de conexiones domiciliarias en cada sector. Dado que los medidores reflejan de forma directa la existencia de una vivienda con acceso formal al servicio, su uso como variable base es válido para fines de estimación poblacional, especialmente en contextos donde no se dispone de datos demográficos detallados anualmente.

Tabla 2. Registro Cantidad de Medidores Parroquia de Sangolquí.

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Enero	20422	20484	20621	20770	20856	20977	21149	21345	21751	21970	22094	22295	22475
Febrero	20427	20496	20634	20777	20866	20991	21165	21380	21770	21981	22111	22310	22486
Marzo	20432	20508	20647	20784	20876	21005	21181	21415	21789	21992	22128	22325	22497
Abril	20437	20520	20660	20791	20886	21019	21197	21450	21808	22003	22145	22340	22508
Mayo	20442	20532	20673	20798	20896	21033	21213	21485	21827	22014	22162	22355	22519
Junio	20447	20544	20686	20805	20906	21047	21229	21520	21846	22025	22179	22370	22530
Julio	20452	20556	20699	20812	20916	21061	21245	21555	21865	22036	22196	22385	22541
Agosto	20457	20568	20712	20819	20926	21075	21261	21590	21884	22047	22213	22400	22552
Septiembre	20462	20580	20725	20826	20936	21089	21277	21625	21903	22058	22230	22415	22563
Octubre	20467	20592	20738	20833	20946	21103	21293	21660	21922	22069	22247	22430	22574
Noviembre	20472	20604	20751	20840	20956	21117	21309	21695	21941	22080	22264	22445	22585
Diciembre	20477	20616	20764	20847	20966	21131	21325	21730	21960	22091	22281	22460	22596

Tabla 3. Registro Cantidad de Medidores Parroquia de San Pedro de Taboada.

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Enero	10657	10827	10972	11100	11251	11398	11527	11713	11885	12000	12261	12436	12596
Febrero	10657	10827	10972	11100	11251	11398	11527	11713	11885	12000	12261	12436	12596
Marzo	10727	10897	11042	11170	11321	11468	11597	11783	11955	12150	12331	12506	12666
Abril	10729	10899	11044	11172	11323	11470	11599	11785	11957	12152	12333	12508	12668
Mayo	10732	10902	11047	11175	11326	11473	11602	11788	11960	12155	12336	12511	12671
Junio	10734	10904	11049	11177	11328	11475	11604	11790	11962	12157	12338	12513	12673
Julio	10735	10905	11050	11178	11329	11476	11605	11791	11963	12158	12339	12514	12674
Agosto	10741	10911	11056	11184	11335	11482	11611	11797	11969	12164	12345	12520	12680
Septiembre	10743	10913	11058	11186	11337	11484	11613	11799	11971	12166	12347	12522	12682
Octubre	10745	10915	11060	11188	11339	11486	11615	11801	11973	12168	12349	12524	12684
Noviembre	10748	10918	11063	11191	11342	11489	11618	11804	11976	12171	12352	12527	12687
Diciembre	10749	10919	11064	11192	11343	11490	11619	11805	11977	12172	12353	12528	12688

Elaborado por: Calles, Colcha

Tabla 4. Registro Cantidad de Medidores Parroquia de San Rafael.

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Enero	1244	1283	1329	1366	1405	1448	1485	1519	1550	1587	1620	1650	1679
Febrero	1244	1283	1329	1366	1405	1448	1485	1519	1550	1587	1620	1650	1679
Marzo	1244	1283	1329	1366	1405	1448	1485	1519	1550	1587	1620	1650	1679
Abril	1244	1283	1329	1366	1405	1448	1485	1519	1550	1587	1620	1650	1679
Mayo	1244	1283	1329	1366	1405	1448	1485	1519	1550	1587	1620	1650	1679
Junio	1244	1283	1329	1366	1405	1448	1485	1519	1550	1587	1620	1650	1679
Julio	1244	1283	1329	1366	1405	1448	1485	1519	1550	1587	1620	1650	1679
Agosto	1244	1283	1329	1366	1405	1448	1485	1519	1550	1587	1620	1650	1679
Septiembre	1244	1283	1329	1366	1405	1448	1485	1519	1550	1587	1620	1650	1679

Octubre	1244	1283	1329	1366	1405	1448	1485	1519	1550	1587	1620	1650	1679
Noviembre	1244	1283	1329	1366	1405	1448	1485	1519	1550	1587	1620	1650	1679
Diciembre	1244	1283	1329	1366	1405	1448	1485	1519	1550	1587	1620	1650	1679

Elaborado por: Calles, Colcha

A partir de la cantidad de medidores registrada mensualmente, se procedió a estimar la población correspondiente utilizando un promedio de 4 habitantes por vivienda, (INEC, 2024) valor referenciado del último censo nacional. Este enfoque permitió proyectar de forma aproximada la evolución poblacional mensual en los sectores analizados durante el período de estudio.

Tabla 5. *Cantidad Poblacional Parroquia de Sangolquí.*

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Enero	81688	81936	82484	83080	83424	83908	84396	85380	87004	87880	88376	89180	89900
Febrero	81708	81984	82532	83108	83464	83964	84660	85520	87080	87924	88444	89240	89944
Marzo	81728	82032	82588	83136	83504	84020	84724	85660	87156	87968	88512	89300	89998
Abril	81748	82080	82640	83164	83544	84076	84788	85800	87232	88012	88580	89360	90032
Mayo	81768	82128	82692	83192	83584	84132	84852	85940	87308	88056	88648	89420	90076
Junio	81788	82176	82744	83220	83624	84188	84916	86080	87384	88100	88716	89480	90120
Julio	81808	82224	82796	83248	83664	84244	84980	86220	87460	88144	88784	89540	90164
Agosto	81828	82272	82848	83276	83704	84300	85044	86360	87536	88188	88852	89600	90208
Septiembre	81848	82320	82900	83304	83744	84356	85108	86500	87612	88232	88920	89660	90252
Octubre	81868	82368	82952	83332	83784	84412	85172	86640	87688	88276	88988	89720	90296
Noviembre	81888	82416	83004	83360	83824	84468	85236	86780	87764	88320	89056	89780	90340
Diciembre	81908	82464	83056	83388	83864	84524	85300	86920	87840	88364	89124	89840	90384

Tabla 6. Cantidad Poblacional Parroquia de San Pedro de Taboada.

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Enero	42628	43308	43888	44400	45004	45592	46108	46852	47540	48320	49044	49744	50384
Febrero	42628	43308	43888	44400	45004	45592	46108	46852	47540	48320	49044	49744	50384
Marzo	42908	43568	44168	44680	45284	45872	46388	47132	47820	48600	49324	50024	50664
Abril	42916	43596	44176	44688	45292	45880	46396	47140	47828	48608	49332	50032	50672
Mayo	42928	43608	44188	44700	45304	45892	46408	47152	47840	48620	49344	50044	50684
Junio	42936	43616	44196	44708	45312	45900	46416	47160	47848	48628	49352	50052	50692
Julio	42940	43620	44200	44712	45316	45904	46420	47164	47852	48632	49356	50056	50696
Agosto	42964	43644	44224	44736	45340	45928	46444	47188	47876	48656	49380	50080	50720
Septiembre	42972	43652	44232	44744	45348	45936	46452	47196	47884	48664	49388	50088	50728
Octubre	42980	43660	44240	44752	45356	45944	46460	47204	47892	48672	49396	50096	50736
Noviembre	42992	43672	44252	44764	45368	45956	46472	47216	47904	48684	49408	50108	50748
Diciembre	42996	43676	44256	44768	45372	45960	46476	47220	47908	48688	49412	50112	50752

Elaborado por: Calles, Colcha

Tabla 7. Cantidad Poblacional Parroquia de San Rafael.

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Enero	4976	5132	5317	5465	5621	5790	5939	6075	6200	6347	6479	6600	6714
Febrero	4976	5132	5317	5465	5621	5790	5939	6075	6200	6347	6479	6600	6714
Marzo	4978	5134	5319	5467	5623	5792	5941	6077	6202	6349	6481	6602	6716
Abril	4978	5134	5319	5467	5623	5792	5941	6077	6202	6349	6481	6602	6716
Mayo	4980	5136	5321	5469	5625	5794	5943	6079	6204	6351	6483	6604	6718
Junio	4980	5136	5321	5469	5625	5794	5943	6079	6204	6351	6483	6604	6718
Julio	4982	5138	5323	5471	5627	5796	5945	6081	6206	6353	6485	6606	6720
Agosto	4983	5139	5324	5472	5628	5797	5946	6082	6207	6354	6486	6607	6721
Septiembre	4982	5138	5323	5471	5627	5796	5945	6081	6206	6353	6485	6606	6720

Octubre	4982	5138	5323	5471	5627	5796	5945	6081	6206	6353	6485	6606	6720
Noviembre	4986	5142	5327	5475	5631	5800	5949	6085	6210	6357	6489	6610	6724
Diciembre	4986	5142	5327	5475	5631	5800	5949	6085	6210	6357	6489	6610	6724

Elaborado por: Calles, Colcha

5.2 Determinación de los Coeficientes de Mayoración K1 y K2

Para establecer los coeficientes de incremento en las áreas de Sangolquí, San Rafael y San Pedro de Taboada, se llevó a cabo un análisis de los patrones de distribución de agua a lo largo de varios años. Se utilizaron indicadores clave como el volumen total al año, así como los caudales máximos y promedio, además de los coeficientes de incremento k1 y k2. Estos coeficientes son fundamentales para ajustar los parámetros de diseño de los sistemas de agua, facilitando una estimación más precisa del comportamiento de los caudales bajo distintas condiciones de operación. Los resultados obtenidos ayudan a mejorar el dimensionamiento y la gestión de los sistemas de distribución de agua, asegurando su eficiencia óptima y capacidad para satisfacer las necesidades de la población en las áreas analizadas.

Tabla 8. Factor de Mayoración K1 y K2 de la Parroquia de Sangolquí.

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Enero	2347.32	2361.68	2376.03	2387	2501.9	2853.19	3778.61	4343.1	4765.55	4598.68	4391.77	4425.81	4391.9
Febrero	2356.93	2372.82	2388.71	2639.89	2459.32	2410.21	3487.04	4430.57	5170.61	5000.96	5076.75	4132.04	4443.93
Marzo	2206.19	2220.55	2234.9	2116.74	2081.03	2197.74	3395.55	3790.00	4120.00	4571.16	4153.03	3663.77	3774.1
Abril	2388.07	2402.9	2417.73	2337.25	2005.43	2468.03	3676.11	4674.63	4684.20	4185.13	4193.52	4193.17	4184.43
Mayo	2336.03	2350.39	2364.74	2459.52	2389.97	3624.29	3675.52	4362.48	4713.31	4706.13	3832.32	3967.06	4144.51
Junio	2632.03	2646.87	2661.7	2369.93	2182.47	3325	3708.63	5150.57	5056.63	4547.1	5114.7	3727.67	4195.8
Julio	2126.35	2140.71	2155.06	2114.74	2200.89	3561.74	3892.68	4902.13	4192.19	4017.77	3456.87	4173	4193.1
Agosto	2235	2249.35	2263.71	2430.87	2245.3	3465.19	3807.84	4717.94	4338.52	4487.19	4211.26	3892.13	4137.06
Septiembre	2469.17	2484	2498.83	2563.63	2366.03	3198.93	4327.9	5085.33	4840.73	4748.33	3822.7	4167	4435.3
Octubre	2154	2168.35	2182.71	2403.74	2206.74	3804.1	4124.61	4697.77	4096.19	4234.94	4099.84	4164.26	4349.23
Noviembre	2532.57	2547.4	2562.23	2370.3	2661.33	3401.67	4324.33	5104.73	5264.33	5110.43	4573.83	4403.33	4402.67
Diciembre	2191.23	2205.58	2219.94	2282.77	2236.58	3022.03	3789.58	4551.03	4062.42	3796.52	3612.9	3571.13	4184.06

Suma Vol Total (m³)	27974.89	28150.6	28326.31	28367.15	27457	37332.14	45988.39	55810.29	55304.68	54006.35	50541.15	48490.96	51103.58
Qprom Diario Anual (m³/s)	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0012	0.0015	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0015	0.0016
Vol máx en el año (m³)	2632.03	2646.87	2661.7	2639.89	2661.33	3804.1	4327.9	5150.57	5264.33	5110.43	5114.7	4425.81	4443.93
Qmax Diario (m³/s)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0015	0.0017	0.002	0.002	0.002	0.002	0.0017	0.0017
Vol max Hor (m³)	236.88	238.22	239.55	237.59	239.52	342.37	389.51	463.55	473.79	459.94	460.32	398.32	399.95
Qmax Hor (m³/s)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
k1	1.14	1.14	1.14	1.13	1.18	1.24	1.14	1.16	1.16	1.15	1.23	1.11	1.06
k2	2.47	2.47	2.47	2.45	2.55	2.68	2.47	2.53	2.5	2.49	2.66	2.4	2.29

Elaborado por: Calles, Colcha

Tabla 9. Factor de Mayoración K1 y K2 de la Parroquia de San Pedro de Taboada.

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Enero	595	609	624	648	758	731	1081	1269	1335	1298	1200	1395	1373
Febrero	603	617	632	689	660	654	919	1054	1283	1179	1356	1187	1219
Marzo	576	590	599	559	611	645	1041	1217	1069	1263	1229	1169	1248
Abril	590	605	619	585	563	712	990	1215	1248	994	1162	1408	1336
Mayo	617	631	646	664	665	1025	991	1153	1248	1430	1083	1210	1393
Junio	630	644	659	619	633	993	1118	1194	1248	1311	1770	1237	1302
Julio	557	572	586	563	679	1038	1088	1254	1157	1160	1153	1337	1312
Agosto	656	670	685	724	702	1015	1133	1208	1235	1398	1309	1178	1293
Septiembre	622	636	650	652	724	897	1240	1279	1374	1388	1055	1336	1433
Octubre	595	609	624	565	667	1190	1198	1137	1134	1255	1331	1276	1358
Noviembre	611	625	640	659	744	916	1271	1257	1549	1448	1384	1266	1395
Diciembre	577	592	606	585	614	908	1007	1130	1163	1109	1070	1118	1218
Suma Vol Total (m³)	7229.32	7401.58	7573.84	7491.32	8020.7	10726.48	13076.55	14276.23	15044.21	15232.19	15102.39	15217.71	15880.77

Qprom Diario													
Anual (m ³ /s)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0004	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Vol máx en el													
año (m ³)	655.84	670.19	684.55	724.35	758.29	1190.42	1270.97	1278.52	1549.42	1447.71	1770.1	1407.96	1433.16
Qmax Diario													
(m ³ /s)	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0005	0.0005
Vol max													
Horario (m ³)	59.03	60.32	61.61	65.19	68.25	107.14	114.39	115.07	139.45	130.29	159.31	126.71	128.98
Qmax Horario													
(m ³ /s)	0	0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
k1	1.1	1.1	1.1	1.18	1.15	1.35	1.18	1.09	1.25	1.16	1.43	1.13	1.1
k2	2.38	2.38	2.38	2.54	2.48	2.92	2.55	2.35	2.71	2.5	3.08	2.43	2.37

Elaborado por: Calles, Colcha

Tabla 10. Factor de Mayoración K1 y K2 de la Parroquia de San Rafael.

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Enero	386	504	515	616	642	757	794	860	885	755	866	772	772
Febrero	340	458	569	682	596	550	786	810	849	820	838	782	748
Marzo	355	472	584	548	573	590	674	708	792	967	820	774	652
Abril	362	480	591	571	549	606	729	811	810	740	774	860	748
Mayo	322	440	551	663	665	783	610	796	814	932	652	750	846
Junio	388	506	617	582	619	681	733	805	818	850	1313	768	776
Julio	319	437	548	562	653	753	712	763	729	767	740	849	703
Agosto	396	514	625	677	670	717	854	862	847	886	938	729	722
Septiembre	411	529	640	629	687	599	901	911	937	856	752	841	798
Octubre	354	472	583	589	639	752	741	746	787	803	897	807	696
Noviembre	418	535	647	589	619	642	874	863	926	920	959	753	782
Diciembre	328	445	556	574	541	637	721	830	755	668	768	668	669
Suma Vol Total													
(m ³)	4380.42	5791.39	7124.94	7281.58	7453	8066.87	9054.61	9698.9	9923.74	10094.45	10208.13	9447.77	8912.42
Qprom Diario													
Anual (m ³ /s)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0004	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0003	0.0003

Vol máx en el año (m ³)	417.84	535.42	646.55	682.32	687.1	762.84	901.16	910.74	937.16	966.52	1313.48	865.68	846.19
Qmax Diario (m ³ /s)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0003	0.0003
Vol max Horario (m ³)	37.61	48.19	58.19	61.41	61.84	70.46	81.1	81.97	84.34	86.99	118.21	77.91	76.16
Qmax Horario (m ³ /s)	0	0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
k1	1.16	1.12	1.1	1.14	1.18	1.21	1.14	1.15	1.16	1.14	1.57	1.11	1.16
k2	2.51	2.43	2.38	2.46	2.55	2.68	2.47	2.47	2.52	2.46	3.38	2.41	2.5

Elaborado por: Calles, Colcha

La figura 3 y 4 se muestra la evolución de los coeficientes k_1 y k_2 para las parroquias entre los años 2010 y 2022. Los valores de k_1 y k_2 representan coeficientes utilizados en el diseño de sistemas hidráulicos, donde k_1 está relacionado con las pérdidas de carga y k_2 con la velocidad del agua.

A lo largo de los años, se observa que los coeficientes k_1 para los tres sectores se mantienen relativamente estables, pero con algunos picos, especialmente en los años 2020 y 2021. Esto sugiere un ajuste en los sistemas hidráulicos de estas áreas. Por otro lado, los valores de k_2 muestran mayor variabilidad, con picos en los años 2015, 2020 y 2022, especialmente en San Rafael, donde se superan los rangos recomendados por la normativa INEN (líneas entrecortadas). En general, los coeficientes para Sangolquí y San Pedro permanecen más cerca de los valores recomendados por la normativa entre 1.3 y 1.5 para k_1 y de 2.0 a 2.3 para k_2 ((INEN), Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 1108: Cálculo y diseño de sistemas de distribución de agua potable. , 2014), mientras que en San Rafael los datos de k_1 presenta valores más altos en algunos años, indicando cambios en la población que hacen variar los consumos anuales de agua en el sector.

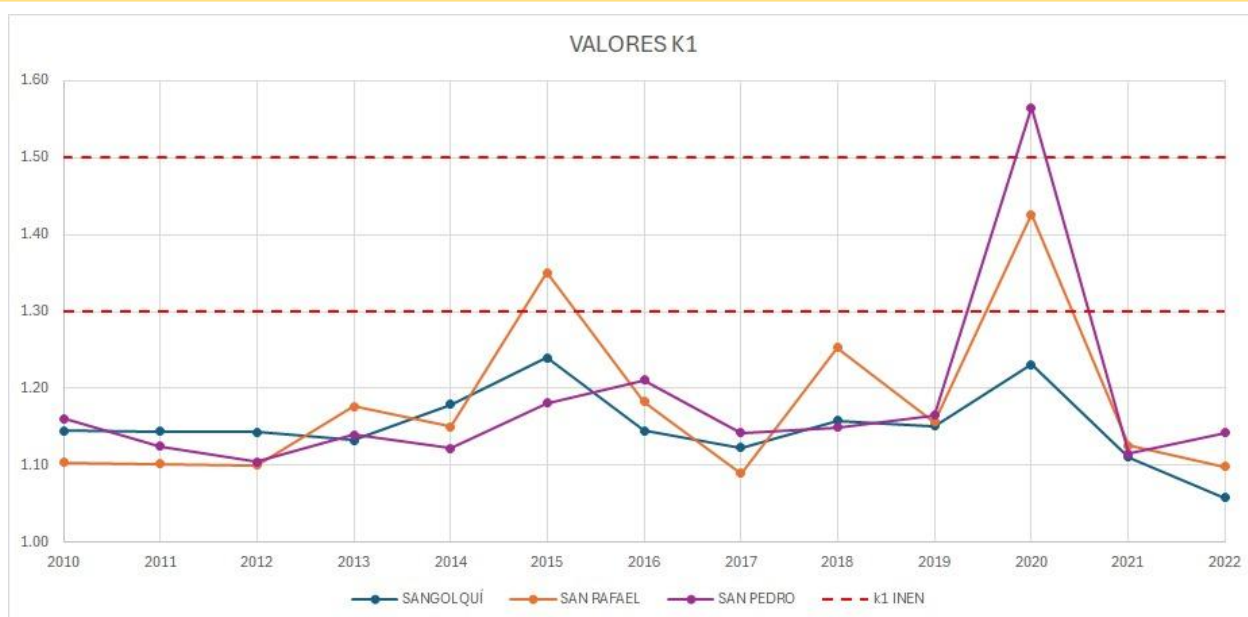


Figura 3. Grafica de Coeficientes de Mayoración K1.

Elaborado por: Calles, Colcha

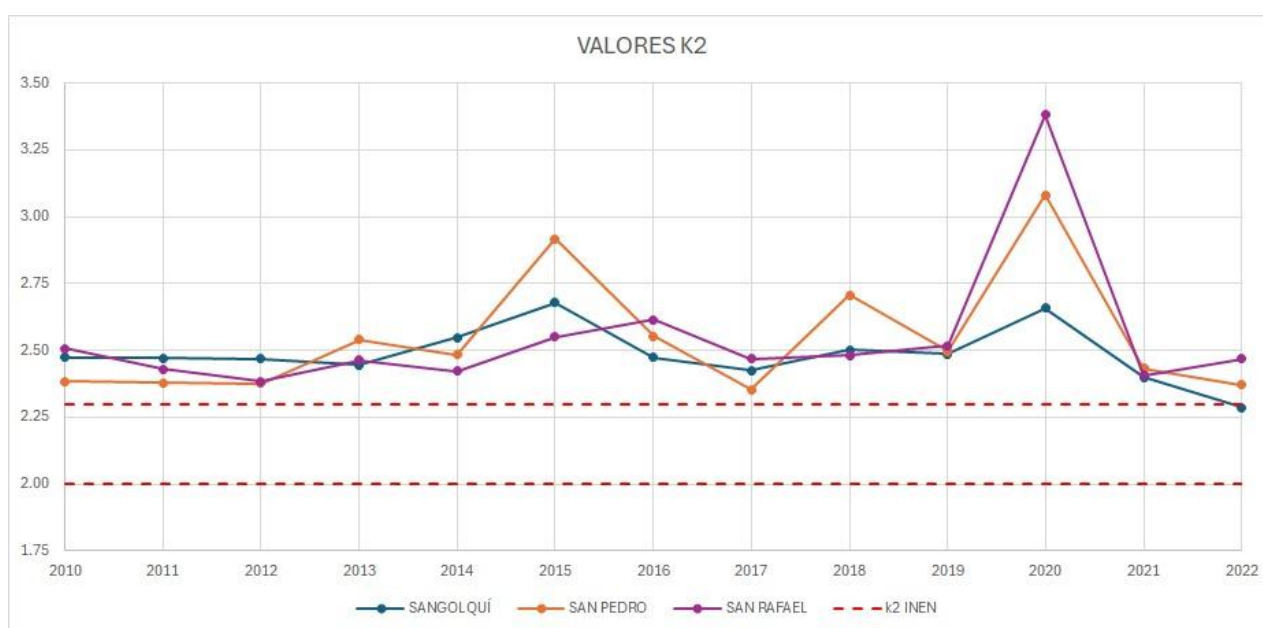


Figura 4. Grafica de Coeficientes de Mayoración K2.

Elaborado por: Calles, Colcha

5.3 Comparación de los Coeficientes de Mayoración K1 y K2 vs La Norma

INEN.

Los coeficientes de mayoración k1 y k2 son esenciales en el diseño de sistemas de agua potable, ya que ajustan la capacidad de la infraestructura para cubrir las demandas variables de la población.

El factor k1, que incrementa la demanda media, permite anticipar un incremento de entre el 30% y el 50% del consumo, lo que resulta esencial para un diseño apropiado del tratamiento y almacenamiento. Además, el factor k2 mide la demanda máxima instantánea para asegurar que los picos de demanda puedan ser atendidos sin fallos. Una evaluación de estos coeficientes en ubicaciones como Sangolquí, San Pedro Taboada y San Rafael evidencia que las dispersiones son de mayor relevancia. En Sangolquí, se observa un consumo más uniforme con un k1 bajo y un k2 elevado, mientras que en San Rafael se observa un rango más amplio de variación de ambos coeficientes, lo que demanda un sistema más robusto. Este estudio evidencia la relevancia de dimensionar las infraestructuras en función de las particularidades específicas de cada territorio.

Tabla 11. Comparación de Factores de Mayoración K1 y K2 vs INEN

	Sangolquí		San Pedro		San Rafael		INEN	
Año	k1	k2	k1	k2	k1	k2	k1	k2
2010	1.14	2.47	1.1	2.38	1.16	2.51	1.3–1.5	2.0–2.3
2011	1.14	2.47	1.1	2.38	1.12	2.43	1.3–1.5	2.0–2.3
2012	1.14	2.47	1.1	2.38	1.1	2.38	1.3–1.5	2.0–2.3
2013	1.13	2.45	1.18	2.54	1.14	2.46	1.3–1.5	2.0–2.3
2014	1.18	2.55	1.15	2.48	1.12	2.42	1.3–1.5	2.0–2.3
2015	1.24	2.68	1.35	2.92	1.18	2.55	1.3–1.5	2.0–2.3
2016	1.14	2.47	1.18	2.55	1.21	2.62	1.3–1.5	2.0–2.3
2017	1.12	2.43	1.09	2.35	1.14	2.47	1.3–1.5	2.0–2.3
2018	1.16	2.5	1.25	2.71	1.15	2.48	1.3–1.5	2.0–2.3
2019	1.15	2.49	1.16	2.5	1.16	2.52	1.3–1.5	2.0–2.3

2020	1.23	2.66	1.43	3.08	1.57	3.38	1.3–1.5	2.0–2.3
2021	1.11	2.4	1.13	2.43	1.11	2.41	1.3–1.5	2.0–2.3
2022	1.06	2.29	1.1	2.37	1.14	2.47	1.3–1.5	2.0–2.3

Elaborado por: Calles, Colcha

5.4 Proyección Demográfica y de Consumo a Futuro.

Una proyección de la población permite anticipar el crecimiento de la demanda de agua potable, lo que resulta esencial para prevenir fallas en el sistema hidráulico. Al estimar cuántos habitantes habrá en el futuro es posible dimensionar adecuadamente las redes de distribución, reservar capacidades en fuentes y tanques y planificar inversiones en infraestructura con suficiente anticipación. Esto reduce el riesgo de colapsos, bajas presiones, pérdidas por sobredemanda y garantiza un suministro eficiente y sostenible para las generaciones futuras.

Tabla 12. *Proyección de la Población a Futuro de la Parroquia de Sangolquí.*

Mes	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Enero	82309	83347	84625	85967	87063	88320	89807	91417	93055	95715	97080	98804	100456
Febrero	82409	83396	84678	85996	87105	88378	89875	91567	94037	95763	97155	98870	100506
Marzo	82429	83445	84731	86025	87147	88437	89943	91717	94119	95811	97230	98937	100554
Abril	82449	83494	84785	86054	87189	88496	90011	91867	94201	95859	97305	99003	100603
Mayo	82469	83543	84838	86083	87230	88555	90079	92017	94283	95906	97379	99070	100652
Junio	82489	83592	84891	86112	87272	88614	90147	92167	94365	95854	97454	99136	100702
Julio	82510	83640	84945	86141	87314	88673	90215	92316	94447	96002	97529	99203	100751
Agosto	82530	83689	84998	86170	87356	88732	90283	92466	94529	96050	97603	99269	100800
Septiembre	82550	83738	85051	86199	87397	88791	90351	92616	94611	96098	97678	99336	100849
Octubre	82570	83787	85105	86228	87439	88850	90419	92766	94693	96146	97753	99402	100898
Noviembre	82590	83836	85158	86257	87481	88909	90487	92916	94776	96194	97827	99469	100947
Diciembre	82610	83885	85211	86286	87523	88968	90555	93066	94858	96242	97902	99535	100997

Elaborado por: Calles, Colcha

Tabla 13. *Proyección de la Población Futura de la Parroquia San Pedro de Taboada.*

Mes	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Enero	42994	44054	45027	45943	46967	47908	48948	50155	51338	52628	53875	55112	56300
Febrero	43021	44074	45138	46000	47072	48010	49003	50181	51354	52645	53924	55160	56322
Marzo	43074	44237	45314	46129	47260	48178	49108	50301	51424	52824	54072	55201	56501
Abril	43204	44347	45322	46241	47268	48292	49254	50473	51649	52942	54191	55431	56622
Mayo	43296	44359	45335	46253	47280	48305	49267	50486	51662	52955	54204	55445	56635
Junio	43304	44367	45343	46262	47289	48313	49275	50495	51671	52963	54213	55453	56644
Julio	43308	44371	45347	46266	47293	48317	49280	50499	51675	52968	54217	55458	56649
Agosto	43332	44396	45372	46291	47318	48343	49305	50525	51701	52994	54244	55484	56675
Septiembre	43341	44404	45380	46299	47326	48351	49314	50533	51709	53003	54252	55493	56684
Octubre	43349	44412	45388	46307	47335	48366	49322	50542	51718	53011	54261	55502	56693
Noviembre	43361	44424	45400	46320	47347	48372	49335	50555	51731	53024	54274	55515	56707
Diciembre	43365	44428	45404	46324	47351	48376	49339	50559	51735	53029	54279	55520	56711

Elaborado por: Calles, Colcha

Tabla 14. *Proyección de la Población a Futuro de la Parroquia de San Rafael.*

Mes	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Enero	5019	5220	5455	5655	5866	6094	6305	6505	6695	6913	7117	7312	7502
Febrero	5020	5221	5456	5656	5867	6095	6306	6506	6696	6914	7118	7313	7503
Marzo	5021	5222	5457	5657	5868	6097	6307	6507	6697	6915	7119	7314	7505
Abril	5021	5223	5458	5658	5869	6097	6307	6507	6697	6915	7119	7314	7506
Mayo	5023	5224	5459	5659	5870	6099	6309	6509	6700	6917	7122	7317	7507
Junio	5023	5225	5459	5659	5870	6100	6310	6510	6701	6918	7123	7318	7508
Julio	5025	5227	5461	5661	5872	6101	6311	6511	6702	6919	7124	7319	7509
Agosto	5026	5228	5462	5662	5874	6102	6312	6512	6703	6920	7125	7320	7510
Septiembre	5025	5227	5461	5661	5872	6101	6311	6511	6702	6919	7124	7319	7511
Octubre	5025	5229	5463	5663	5875	6103	6313	6513	6703	6922	7126	7321	7512

Noviembre	5029	5231	5465	5665	5877	6105	6315	6515	6706	6924	7128	7323	7514
Diciembre	5029	5234	5467	5667	5878	6108	6318	6517	6709	6926	7131	7324	7517

Elaborado por: Calles, Colcha

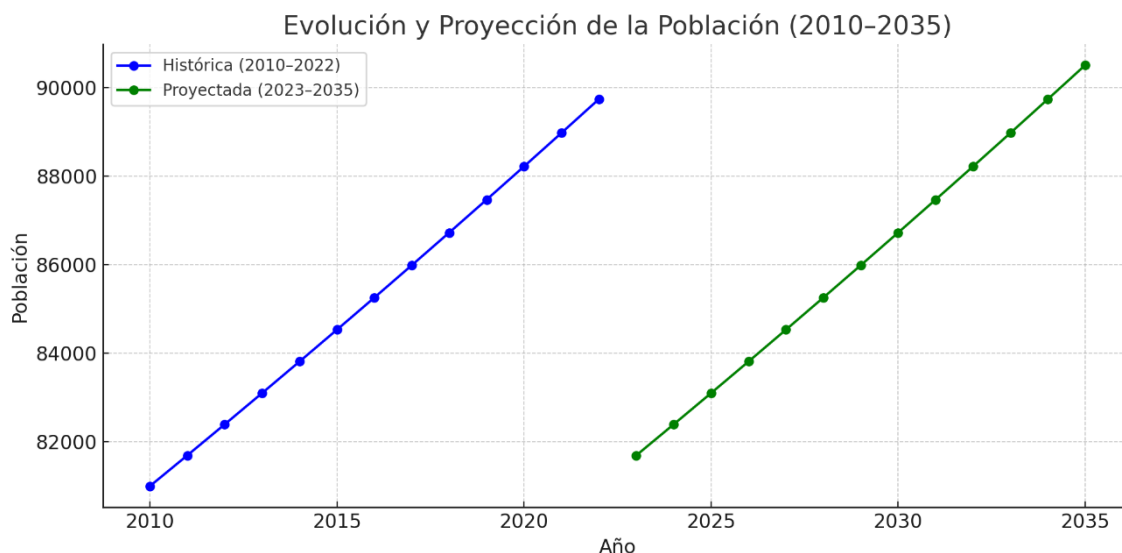


Figura 5. *Grafica del Crecimiento Poblacional.*

Los coeficientes de mayoración K1 y K2 son primordiales para el diseño eficiente de sistemas de agua potable, ya que permiten considerar los picos de demanda diaria y horaria. Según la Norma INEN 1575-1:2013, K1 debe estar entre 1.3-1.5, y K2 entre 2.0-2.3. Al analizar las proyecciones hasta 2035 para Sangolquí, se evidencia que K1 no cumple con la norma en varios años, lo que podría generar fallas hidráulicas por caudales insuficientes. En cambio, K2 se mantiene mayormente dentro del rango permitido. Estos resultados alertan sobre la necesidad de ajustar los diseños para prevenir deficiencias en el suministro.

Tabla 15. Proyección del Consumo y Factores de Mayoración de la Parroquia de Sangolquí.

Mes	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Enero	2505.84	2691.43	2890.65	2970.23	3468.78	4222.97	5970.36	7325.69	8581.1	8839.84	9012.24	9695.41	10270.88
Febrero	2516.1	2704.13	2906.08	3428.55	3409.74	3567.32	5509.66	7473.24	9310.48	9613.14	10417.86	9051.86	10392.55
Marzo	2355.18	2530.59	2718.96	2749.11	2885.26	3252.85	5365.1	6392.76	7418.69	8786.95	8518.22	8026.06	8826.88
Abril	2548.24	2738.41	2941.48	3035.17	2780.44	3652.9	5808.84	7217.48	8434.62	8044.9	8660.38	9185.78	9785.69
Mayo	2493.79	2678.56	2876.92	3194.29	3202.67	5364.26	5807.46	7358.39	8403.07	9046.39	7864.2	8690.46	9811.56
Junio	2809.78	3018.44	3238.19	3066.26	3025.89	4921.28	5859.79	8687.69	9105.25	8740.09	10495.73	8186.03	9832.22
Julio	2269.95	2439.61	2621.83	2746.51	3051.43	5271.68	6150.59	8268.64	7548.69	7723.19	10493.73	9141.6	9805.95
Agosto	2385.94	2563.42	2754	3157.09	3113	5128.78	6016.54	7957.95	7812.17	8625.54	8641.8	8526.31	9674.92
Septiembre	2635.92	2830.83	3040.05	3329.51	3280.4	4734.7	6838.25	8577.66	8716.49	9127.54	7864.72	9128.45	10368.16
Octubre	2299.47	2471.11	2655.46	3121.85	3059.55	5630.39	6517.05	7923.94	8375.83	8140.63	8413.16	9122.45	10171.07
Noviembre	2703.6	2903.08	3117.18	3078.42	3689.82	5034.76	6832.62	8610.38	9479.24	9823.57	10495.73	9695.41	10392.55
Diciembre	2339.2	2513.54	2700.75	2964.75	3100.92	4472.87	5907.69	7676.43	7315.01	7301.72	7413.94	7823.11	9784.83
Suma Vol Total (m ³)	29864.11	32081.15	34461.45	36841.74	38067.9	55254.76	72663.49	94137.68	99584.6	103814.08	103714.08	102622.92	119510.55
Qprom Diario Anual (m ³ /s)	0.0009	0.001	0.0011	0.0012	0.0012	0.0018	0.0023	0.003	0.0032	0.0033	0.0033	0.0033	0.0038
Vol máx en el año (m ³)	2809.78	3018.44	3238.19	3428.55	3689.82	5630.39	6838.25	8687.69	9479.24	9823.57	10495.73	9695.41	10392.55
Qmax Diario (m ³ /s)	0.0011	0.0012	0.0012	0.0013	0.0014	0.0022	0.0026	0.0033	0.0037	0.0038	0.004	0.0037	0.004
Vol máx Hor (m ³)	252.88	271.48	291.44	308.57	332.08	506.74	615.44	781.89	853.13	884.12	944.62	872.59	935.33
Qmax Hor (m ³ /s)	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.005	0.006	0.007	0.008	0.008	0.008	0.008	0.009
k1	1.14	1.14	1.14	1.13	1.18	1.24	1.14	1.12	1.16	1.15	1.23	1.11	1.06
k2	2.47	2.47	2.47	2.45	2.55	2.68	2.47	2.43	2.5	2.49	2.66	2.4	2.29

Elaborado por: Calles, Colcha

Tabla 16. Proyección del Consumo y Factores de Mayoración de la Parroquia de San Pedro de Taboada.

Mes	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Enero	635.22	694.47	758.84	841	1051.34	1082.42	1707.31	2140.91	2403.29	2494.16	2462.16	3056.74	3211.64
Febrero	643.55	703.37	768.33	895.13	915.62	967.5	1451.75	1777.99	2310.76	2266.09	2783.6	2600.94	2851.2
Marzo	614.9	672.78	735.68	726.17	847.76	954.94	1644.77	1898.29	1925.77	2426.88	2521.67	2560.06	2919.02
Abril	630.36	689.29	753.3	798.64	779.9	1054.39	1563.88	2052.8	2247.91	1911.47	2382.91	3084.23	3123.31
Mayo	658.63	719.47	785.52	862.2	922.66	1516.9	1566.23	1844.33	2247.48	2748.95	2223.13	2650.69	3256.88
Junio	672.41	734.18	801.22	803.3	877.8	1470.2	1768.99	2014.52	2246.58	2245.2	3832.37	2710.55	3244.32
Julio	594.93	651.46	712.92	730.78	941.13	1537	1718.57	2115.29	2083.36	2229.14	2366.7	2929.47	3068.01
Agosto	700.13	763.77	832.81	940.75	972.8	1503.9	1793.64	2037.97	2232.53	2687.44	2687.16	2580.52	3024.33
Septiembre	663.49	724.65	791.06	846.99	1004.46	1328.18	1959.2	2156.53	2474.51	2667.6	2164.41	2926.78	3351.58
Octubre	635.29	694.55	758.92	733.21	924.14	1761.92	1892.23	1917.07	2041.77	2412.87	2734.21	3014.62	3176.79
Noviembre	652.33	712.74	778.34	855.75	1031.43	1356.47	2008.18	2119.42	2789.97	2782.87	2840.93	2773.23	3263.32
Diciembre	618.31	674.29	737.29	734.42	851.28	1343.2	1591.71	1905.42	2094.74	2132.28	2194.92	2448.94	2848.48
Suma Vol Total (m³)	7717.55	8435.02	9214.23	9729.34	11120.32	15876.1	20661.46	24080.34	27089.43	29280.2	30991.2	33336.74	37138.68
Qprom Diario Anual (m³/s)	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0004	0.0005	0.0007	0.0008	0.0009	0.0009	0.001	0.0011	0.0012
Vol máx en el año (m³)	700.13	763.77	832.81	940.75	1051.34	1761.92	2008.18	2156.53	2789.97	2782.87	3832.37	3084.23	3351.58
Qmax Diario (m³/s)	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0007	0.0008	0.0008	0.0011	0.0011	0.0014	0.0012	0.0013
Vol máx Hor (m³)	63.01	68.74	74.95	84.67	94.62	158.57	180.74	194.09	251.1	250.46	326.91	277.58	301.64
Qmax Hor (m³/s)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003
k1	1.1	1.1	1.1	1.18	1.15	1.18	1.09	1.25	1.16	1.16	1.43	1.13	1.1
k2	2.38	2.38	2.38	2.54	2.48	2.92	2.55	2.71	2.5	2.49	3.08	2.43	2.37

Elaborado por: Calles, Colcha

Tabla 17. Proyección del Consumo y Factores de Mayoración de la Parroquia de San Rafael.

Mes	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Enero	412.55	574.41	748.4	799.61	890.55	1120	1136.66	1339.66	1549.03	1701.69	1549.91	1896.4	1804.79
Febrero	363.1	521.62	692.04	886.16	826.15	814.29	1241.61	1366.59	1528.29	1576.25	1719.24	1713.3	1750.02
Marzo	378.77	538.34	709.9	712.26	793.95	872.68	1064.34	1193.78	1426.29	1423.09	1682.96	1696.48	1525.44
Abril	386.96	547.09	719.24	741.38	761.73	897.12	1152.46	1368.22	1457.77	1423.09	1580.3	1748.96	1884.96
Mayo	343.85	501.07	670.1	860.48	921.32	1158.67	964.23	1342.1	1465.21	1791.3	1338.68	1643.63	1978.9
Junio	414.17	576.14	750.24	756.37	858.53	1008.61	1158.87	1358.1	1472.64	1834.54	2695.36	1682.49	1815.73
Julio	340.92	497.94	666.77	729.48	905.58	1114.98	1125.5	1286.17	1312.91	1474.25	1518.27	1860.92	1644.56
Agosto	423.16	585.73	760.49	879.5	929.1	1060.51	1349.86	1453.92	1525.91	1702.44	1924.31	1596	1687.03
Septiembre	438.93	602.57	778.16	816.74	952.63	886.95	1423.87	1536.19	1687.5	1645.89	1543.95	1841.28	1867.86
Octubre	376.11	537.65	709.15	764.63	885.45	1111.65	1170.96	1258.09	1416.53	1542.64	1840.97	1768.28	1627.59
Noviembre	446.06	610.18	786.58	764.84	858.71	949.55	1380.5	1455.89	1666.88	1768.22	1968.07	1649.8	1828.33
Diciembre	349.67	507.28	676.74	745.48	749.54	942.67	1138.8	1400.76	1360.25	1284.94	1576.79	1464.06	1563.81
Suma Vol Total (m³)	4676.25	6600.02	8668.11	9456.93	10333.26	11939.68	14306.66	16359.57	17869.21	19404.14	20947.81	20696.79	20842.52
Qprom Diario Anual (m³/s)	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0007	0.0007
Vol máx en el año (m³)	446.06	610.18	786.58	886.16	952.63	1158.67	1423.87	1536.19	1687.5	1768.22	2695.36	1896.4	1978.9
Qmax Diario (m³/s)	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.001	0.0007	0.0008
Vol máx Horario (m³)	40.15	54.92	70.79	79.75	85.74	104.28	128.15	138.26	151.88	167.21	242.58	170.68	178.1
Qmax Horario (m³/s)	0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002
k1	1.16	1.12	1.1	1.18	1.14	1.24	1.14	1.15	1.15	1.16	1.57	1.11	1.16
k2	2.51	2.43	2.38	2.54	2.46	2.68	2.47	2.47	2.5	2.51	3.38	2.41	2.5

Elaborado por: Calles, Colcha

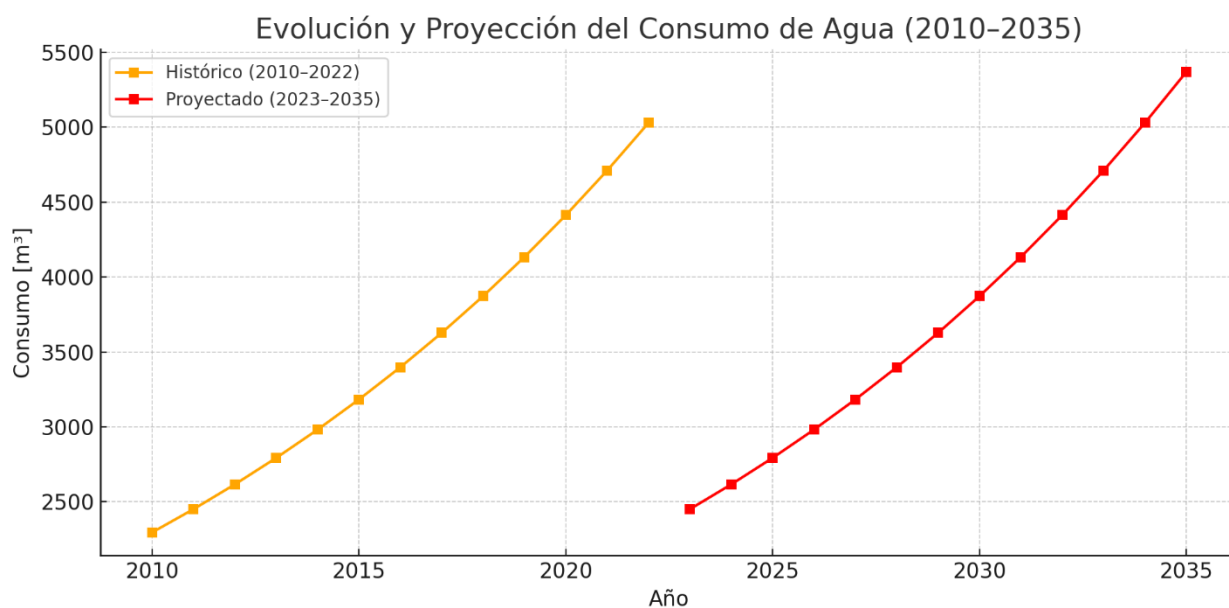


Figura 6. Grafica de la Proyección del Consumo de Agua.

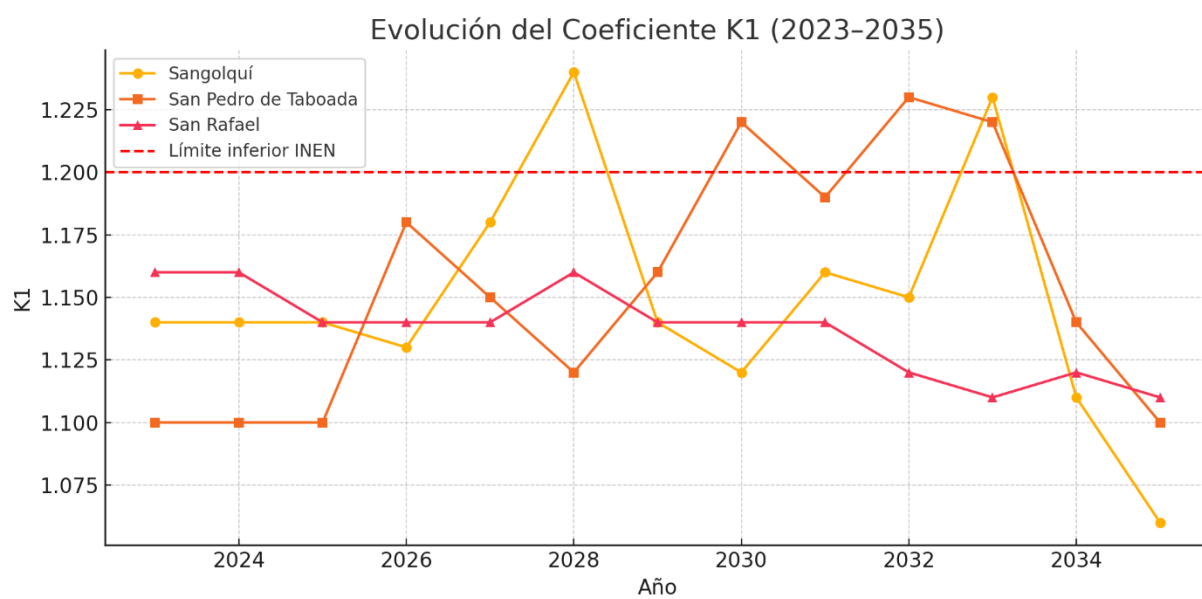


Figura 7. Grafica del Coeficiente de Mayoración K1 a Futuro.

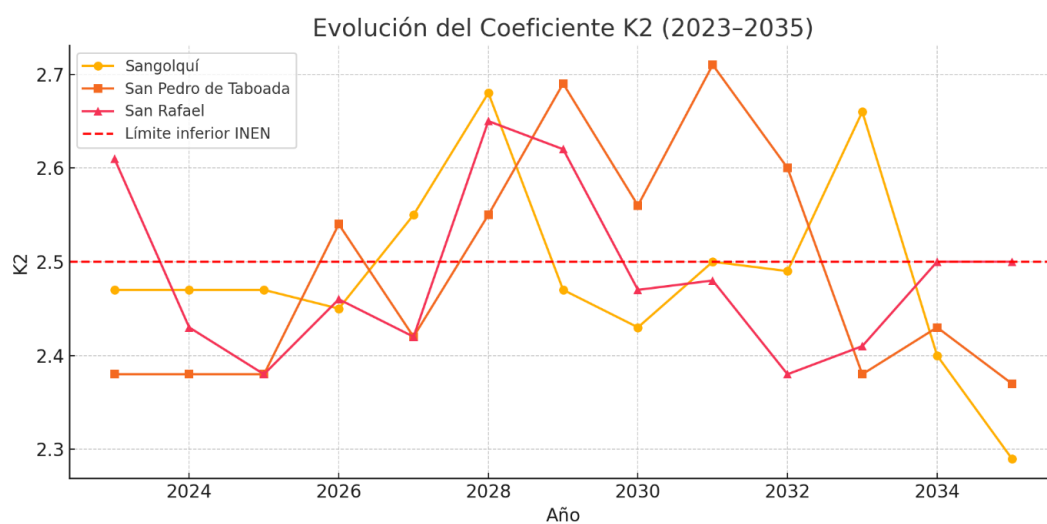


Figura 8. Grafica del Coeficiente de Mayoración K2 a Futuro.

6 Resultados y Discusión

6.1 Comparación de los Coeficientes de Mayoración con la Norma INEN.

La Norma INEN establece unos rangos de coeficientes k_1 y k_2 para el diseño de sistemas de distribución de agua potable que sirven como base para dimensionar las infraestructuras hidráulicas. Estos valores, utilizados de manera estándar en todo Ecuador, son:

- **k_1 :** Coeficiente de mayoración para la demanda diaria promedio, con un rango de 1.3 a 1.5.
- **k_2 :** Coeficiente de mayoración para la demanda instantánea, con un rango de 2.0 a 2.3.

Estos coeficientes buscan garantizar que los sistemas de distribución puedan manejar tanto la demanda diaria promedio como los picos de consumo.

Análisis del Coeficiente K_1

- **SANGOLQUÍ**

En términos generales, los valores de K_1 calculados para los tres sectores se mantienen en su mayoría por debajo del valor normativo de 1.3. En Sangolquí, los valores oscilaron entre 1.06 (2022) y 1.24 (2015), sin sobrepasar el límite establecido. Este comportamiento indica un patrón de consumo horario relativamente uniforme, posiblemente asociado a una infraestructura consolidada y a una gestión más eficiente de la demanda horaria.

- **SAN PEDRO DE TABOADA**

Los coeficientes k_1 de San Pedro de Taboada se encuentran dentro del rango más bajo propuesto por el INEN (1.3 a 1.5), con algunas fluctuaciones. Aunque no todos los valores alcanzan el valor máximo de 1.5, los picos en el coeficiente indican una ligera tendencia de aumento en el consumo diario de agua, lo que podría reflejar un crecimiento poblacional sostenido o un cambio en los hábitos de consumo.

- **SAN RAFAEL**

En San Rafael, los valores de K1 fueron históricamente cercanos al umbral normativo, pero en 2020 alcanzaron 1.57, el valor más alto registrado entre todos los sectores y años. Este incremento podría estar asociado a un cambio en los hábitos de consumo, fallas en la red o un crecimiento poblacional no acompañado de ampliaciones en la infraestructura hidráulica.

Análisis del Coeficiente K2

- **SANGOLQUÍ**

En Sangolquí, aunque varios años registran valores cercanos al estándar (2.47 entre 2010–2012), se observan aumentos importantes en 2014 (2.55), 2015 (2.68) y especialmente en 2020 (2.66), lo cual sugiere que, aunque el comportamiento horario es estable, existe una marcada fluctuación en la demanda diaria total o actividades que requieren mayor consumo de agua en horarios pico.

- **SAN PEDRO DE TABOADA.**

En San Pedro, el valor de K2 supera el valor de la norma en más de la mitad del período analizado, con un máximo en 2020 (3.08). El coeficiente k2 supera ampliamente el rango superior del INEN, lo que indica que los picos de consumo son significativamente más altos que los propuestos por la normativa. Esto puede estar relacionado con zonas de alta densidad poblacional o actividades comerciales intensivas que demandan grandes cantidades de agua en momentos específicos. Para un diseño adecuado, San Pedro requeriría un ajuste en los coeficientes de mayoración para dimensionar adecuadamente la infraestructura hidráulica.

- **SAN RAFAEL**

El caso de San Rafael es particularmente crítico. Entre 2014 y 2022, la mayoría de los valores se ubican por encima de la referencia técnica, destacando el año 2020 con un pico de 3.38, muy por encima de los 2.3 establecidos por INEN. Este valor evidencia una alta variabilidad diaria en el consumo que puede implicar sobredimensionamiento en componentes como tanques de almacenamiento o conducciones principales, si no se realiza una planificación basada en datos actualizados.

Tabla 18. Table de Comparación K1 y K2.

SECTOR	K1 (min-máx)	K2 (min-máx)	Comparación con INEN
SANGOLQUI	1.06 – 1.24	2.29 – 2.28	K1 < INEN k2 ligeramente elevado, pero dentro del rango
SAN PEDRO	1.09 – 1.43	2.35 – 3.08	K1 dentro del rango < INEN k2 > INEN
SAN RAFAEL	1.10 – 1.57	2.41 – 3.38	K1 varía más k2 > INEN

6.2 Impacto Técnico de los Coeficientes de Mayoración en los Sistemas de Agua Potable.

El análisis sectorizado de los coeficientes de mayoración K1 y K2 para las parroquias del cantón Rumiñahui revela importantes implicaciones en el desempeño, dimensionamiento y eficiencia de los sistemas de agua potable. La comparación con los valores establecidos en la Norma Técnica INEN 1575:2013, que fija K1=1. y K2=2.3, permite evaluar si los diseños actuales cumplen con los requerimientos reales de demanda o requieren ajustes significativos. (INEN, 2013)

• Impacto en Sangolquí

En Sangolquí, los valores de K1 permanecieron en todos los años por debajo del valor normativo, oscilando entre 1.06 y 1.24. Esta condición indica que el sistema presenta una demanda horaria controlada, lo cual favorece el funcionamiento eficiente de redes de distribución y evita presiones excesivas en horas pico. Asimismo, el K2 en esta parroquia, aunque estable durante varios años, superó el valor de 2.3 en al menos cinco ocasiones (2014, 2015, 2018, 2019 y 2020), alcanzando un máximo de 2.68 en 2015. Este comportamiento sugiere que, aunque las redes horarias están adecuadamente diseñadas, los tanques de almacenamiento y estaciones de bombeo pueden estar subdimensionados para cubrir las necesidades diarias máximas, generando riesgos de desabastecimiento en días críticos.

Recomendación: Se recomienda incrementar la capacidad de almacenamiento de corto plazo y aplicar estrategias de regulación de presión durante picos diarios, así como reforzar campañas de uso eficiente en días de alta demanda.

- **Impacto en San Pedro de Taboada**

San Pedro presenta una situación más variable. El K1 se mantuvo cercano a los valores de diseño, pero superó el límite de 1.3 en 2015 y 2020. El coeficiente K2, en cambio, excedió con frecuencia el valor de la normativa alcanzando 3.08 en 2020, lo que representa un 34% por encima del valor de referencia.

Estos resultados revelan que el sistema presenta picos tanto horarios como diarios, lo cual puede derivar en problemas de presión, cavitación en estaciones de bombeo, y sobrecarga en redes que no fueron diseñadas para ese nivel de variabilidad. También puede reflejar una demanda no contabilizada como consumos no medidos o conexiones informales.

Recomendación: Se sugiere la implementación de macro medición sectorizada y monitoreo en tiempo real para identificar las causas de los picos. Además, se deben actualizar los coeficientes de diseño hidráulico en futuras ampliaciones, incorporando un K2 superior a 2.3 para reflejar el comportamiento real.

- **Impacto en San Rafael**

San Rafael es el sector con mayores valores de K1 y K2. En 2020, el K1 fue de 1.57 y el K2 alcanzó 3.38, los más altos de toda la serie. Aunque en otros años los valores se mantuvieron cercanos al umbral, este comportamiento evidencia una altísima variabilidad en la demanda. Estos coeficientes implican que la infraestructura actual podría estar operando fuera de sus rangos de diseño, aumentando la frecuencia de fallas por presión, posibles roturas de tuberías y desajustes en la programación de bombeo. También podría haber deficiencias en el almacenamiento de reserva, ya que los consumos diarios pueden exceder la capacidad instalada.

Recomendación: Se recomienda la revisión integral del sistema hidráulico, incluyendo modelaciones de escenarios extremos. Es indispensable considerar un diseño con coeficientes reales ajustados y de ser necesario, implementar sectores hidráulicos independientes para distribuir la carga operativa.

6.3 Análisis de los factores de mayoración K1 y K2 para una Proyección Demográfica y de Consumo a Futuro.

De acuerdo con la Norma INEN 1575-1:2013, los coeficientes de mayoración recomendados para sistemas de agua potable son: K1 entre 1.3 y 1.5 para caudal máximo diario, y K2 entre 2.0 y 2.3 para caudal máximo horario, valores que aseguran el correcto dimensionamiento de las redes frente a variaciones en la demanda. Al analizar la proyección hasta el año 2035 para la parroquia de Sangolquí, se observa que el coeficiente K1 no cumple con la norma en varios años, lo que evidencia una subestimación del caudal máximo diario y representa un riesgo potencial de subdimensionamiento de las tuberías ante eventos de consumo elevado. En contraste, el coeficiente K2 cumple con la norma en la mayoría de los años con valores que oscilan entre 2.29 y 2.68 sin embargo, en el año 2035 se aproxima al límite inferior permitido (2.29), lo cual podría comprometer la respuesta del sistema frente a demandas horarias extremas si no se refuerza su capacidad. Estas observaciones sugieren que, de mantenerse estas tendencias el sistema hidráulico podría presentar fallas operativas por insuficiencia de presión en ciertos sectores especialmente durante las horas pico y en zonas topográficamente elevadas. Se recomienda reevaluar el diseño de las redes de distribución considerando los valores reales proyectados y aplicar coeficientes de diseño más conservadores en los años donde K1 cae por debajo del umbral normativo.

6.4 Análisis de Consumo de Agua y su Variabilidad en Sangolquí, San Pedro y San Rafael.

El consumo de agua es una variable sujeta a fluctuaciones a lo largo del tiempo influenciado por diversos factores como las condiciones climáticas, las actividades humanas y las características sociodemográficas de las localidades. En este análisis, se observa cómo los coeficientes de consumo k1 y k2 en las localidades de Sangolquí, San Pedro y San Rafael presentan variaciones significativas entre los años, lo cual permite identificar patrones de demanda, posibles picos y tendencias a largo plazo.

La variabilidad en el consumo de agua entre las tres localidades se refleja en la variabilidad de los coeficientes k1 y k2 a lo largo de los años. En Sangolquí, se observa una tendencia a la estabilidad con algunas fluctuaciones ligeras en los valores de los

coeficientes lo que sugiere un patrón de consumo más constante. Sin embargo, en San Pedro y San Rafael la variabilidad es más pronunciada con picos en ciertos años que podrían estar asociados con factores como el aumento de la población, eventos climáticos extremos o cambios en los patrones de consumo.

Por otro lado, en localidades como San Pedro que podría tener un perfil económico más dinámico, los coeficientes muestran una mayor variabilidad en los valores de k_1 y k_2 lo cual podría estar relacionado con el comportamiento del consumo de agua en momentos específicos del día o en ciertas épocas del año. La alta densidad poblacional en zonas urbanas o el aumento de la actividad comercial también tienden a incrementar el consumo de agua lo cual se refleja en las fluctuaciones observadas en Tabla 11.

En San Rafael, los coeficientes k_1 y k_2 son igualmente variables, mostrando picos en años específicos. Esta variabilidad podría explicarse por eventos climáticos o cambios en la zona comercial que suelen tener una fuerte influencia en la demanda de agua.

7 Conclusiones

El presente estudio permitió analizar de manera sectorizada el comportamiento de los coeficientes de mayoración K1 (caudal máximo diario) y K2 (caudal máximo horario) en las parroquias de Sangolquí, San Pedro de Taboada y San Rafael, del cantón Rumiñahui. Los valores que se obtuvieron fueron proyectados hasta el año 2035, los mismos que fueron comparados con los rangos establecidos en la Norma INEN 1575-1:2013. A diferencia de la normativa nacional que aplica parámetros generales, este análisis utilizó datos reales de consumo y población mensual, aplicando proyecciones exponenciales para estimar la evolución hídrica en cada sector. Esto permite evidenciar diferencias significativas entre sectores, lo que justifica el uso de valores locales para un diseño hidráulico más preciso y ajustado a la realidad. Además, los resultados aportan insumos técnicos valiosos para optimizar redes existentes, planificar futuras expansiones y revisar los criterios normativos vigentes.

Los resultados muestran que, en general, los valores de K1 en las tres parroquias evaluadas se mantienen por debajo del umbral mínimo establecido por la Norma INEN 1575-1:2013 (1.3), con algunas excepciones en los primeros años de análisis. En Sangolquí, la estabilidad de los valores entre 1.06 y 1.24 sugiere un sistema de distribución hidráulicamente eficiente y con una demanda diaria controlada, lo que reduce el riesgo de sobredimensionamiento en futuras obras. En San Pedro de Taboada, los leves incrementos de K1 hacia 2027 y 2031 podrían asociarse a desarrollos habitacionales o cambios en los hábitos de consumo, destacando la necesidad de monitoreo sectorizado. San Rafael presenta una mayor dispersión en los datos, posiblemente vinculada a deficiencias en la infraestructura o a una gestión operativa menos uniforme. Estas variaciones refuerzan la utilidad de emplear coeficientes ajustados a cada contexto local, permitiendo decisiones técnicas más precisas y un diseño más eficiente y económico de las redes de agua potable.

En relación con el coeficiente K2, los resultados evidencian una mayor frecuencia de incumplimientos respecto al rango normativo establecido (2.0 a 2.3). San Pedro de

Taboada presenta una situación crítica en varios años, con valores que alcanzan hasta 2.71, lo que indica la presencia de picos horarios de demanda que podrían sobrepasar la capacidad de almacenamiento y bombeo, poniendo en riesgo la continuidad y estabilidad del servicio. En Sangolquí, si bien la mayoría de los años se mantienen dentro del rango, se observa una tendencia descendente que culmina en un valor de 2.29 en 2035, cerca del límite inferior, reflejando un sistema que opera al borde de su capacidad en horas pico. San Rafael muestra valores relativamente estables, aunque excede el umbral en algunos años, lo que sugiere posibles ineficiencias operativas o una infraestructura limitada para absorber la variabilidad horaria. Estas diferencias sectoriales refuerzan la necesidad de emplear coeficientes de mayoración locales, que permitan anticipar escenarios críticos y diseñar redes más resilientes y adaptadas a las condiciones reales de cada parroquia.

Desde una perspectiva técnica, los resultados permiten concluir que, aunque las redes de distribución parecen adecuadamente dimensionadas en función del coeficiente K1, existe un riesgo operativo relevante asociado a los picos horarios reflejados en los valores elevados de K2. Esta condición podría comprometer la sostenibilidad del sistema, especialmente en sectores con crecimiento poblacional acelerado o transformaciones en el uso del suelo que concentren la demanda en determinados horarios. Además, la elevada variabilidad de K2 puede estar vinculada a zonas con fuerte presencia comercial, industrial o institucional, donde los patrones de consumo intensivo por hora exigen capacidades adicionales de almacenamiento y bombeo. Esto enfatiza la necesidad de implementar un enfoque sectorizado en el diseño y administración de redes, que no solo maximice la eficiencia de los recursos técnicos y financieros disponibles, sino que también facilite la adaptación de las infraestructuras a las circunstancias específicas de cada región. Además, los hallazgos posibilitan la actualización de los rangos normativos a través de la implementación de criterios más adaptables y contextuales.

Se propone que en futuras planificaciones y expansiones de la infraestructura hídrica en el cantón Rumiñahui se tomen en cuenta coeficientes de incremento ajustados a las condiciones particulares de cada sector, en vez de emplear valores normativos

generalizados que podrían no reflejar la realidad operativa. Este ajuste resultará en una mejor estimación que también puede optimizar la inversión pública al reducir los riesgos de sobredimensionamiento, pero también de deficiencia fiscal. Además, se sugiere el uso de medición continua y control sectorizado para que los patrones de consumo puedan verificarse inmediatamente y las tácticas de operación puedan ajustarse por hora o por temporada. Para parroquias como San Pedro de Taboada o San Rafael, donde se registran los cambios más importantes de K2, es necesario establecer sectores hidráulicos autónomos, dotados de control automático, reserva de almacenamiento y una pronta respuesta a picos de demanda. Estas recomendaciones pueden también guiar la revisión de las normativas locales, promoviendo un enfoque adaptable y específico del lugar en la concepción de sistemas de suministro de agua potable.

El análisis de la fluctuación del consumo en las parroquias de Sangolquí, San Pedro de Taboada y San Rafael permite identificar patrones y picos de demanda, lo cual es crucial para el dimensionamiento, operación y redimensionamiento de los sistemas de distribución. Estos resultados se utilizan para optimizar la infraestructura, con el fin de gestionar mejor las demandas y asegurar la eficiencia y productividad en los servicios. Además, tener este conocimiento sobre las fluctuaciones permitiría prever necesidades futuras, financiamiento eficiente y asignación de intervenciones en áreas prioritarias, haciendo el sistema más resiliente a las inevitables y grandes variaciones demográficas y estacionales.

En conclusión, se llega a determinar que el análisis sectorizado de los coeficientes K1 y K2 no solo agiliza la evaluación de la conformidad normativa, sino que además posibilita la prever riesgos operativos y orientar decisiones estratégicas en la planificación y diseño de redes de agua. La utilización de estos coeficientes, calibrados sobre estimaciones reales, creará una buena base técnica para el diseño de sistemas más eficientes y confiables, realmente personalizados a las características específicas de cada parroquia. Este enfoque resulta esencial para garantizar un abastecimiento continuo, seguro y sostenible hacia el año 2035 y en escenarios de crecimiento futuro.

Referencias

- (GAD-R), G. A. (2023). *"Plan de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui."*
- (INEN), I. E. (2013). Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1575:2013. Sistemas de abastecimiento de agua potable.
- (INEN), I. E. (11 de 01 de 2014). Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 1108: Cálculo y diseño de sistemas de distribución de agua potable. .
- Agua, C. (2024). *Modelación del sistema de agua potable mediante el uso en el programa Watercad del recinto Las Mercedes*. Guayaquil: ULVR.
- Agudelo, J. (2020). *Propuesta para la optimización de las redes de distribución del sistema de acueducto del casco urbano del municipio de pelaya, en el departamento del cesar*. Ocaña: UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA.
- Aguilar, R., & Trujillo, O. (2022). *"MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA APLICANDO EL MÉTODO DE LA SECTORIZACIÓN EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE BUENOS AIRES"*. Trujillo: UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO.
- Aguirre, A. (2021). *Diseño de redes de distribución de agua potable mediante metodologías convencionales - Agrupación Las Praderas de Media Luna - Lima 2021*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Alvarado, D., & Barahona, L. (2021). *Optimización del diseño hidráulico del sistema de abastecimiento rural Guatancuy del Municipio de Ubaté, Cundinamarca*. Ubaté: USTA.
- Andrade, S. (2020). . *Determinación de consumos de agua potable en tres sectores de la ciudad de Quito y aplicación a análisis de red de distribución con EPANET*. Quito.
- Arellano, A., & Gavilanes, A. (2012). *MÉTODO DE CARACTERIZACIÓN URBANÍSTICA Y SOCIOECONÓMICA PARA POBLACIONES MENORES QUE 150.000 HABITANTES*.
- Arellano, A., Bayas, A., Meneses, A., & Castillo, T. (2018). *Los consumos y las dotaciones de agua potable en poblaciones ecuatorianas con menos de 150 000 habitantes*. Novasinergia.
- Arteaga, G., & Prieto, R. (2019). *"DISEÑO DE LOS SISTEMAS PARA AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y DRENAJE EN NUEVAS VIAS, POR EXPANSION URBANA, EN EL DISTRITO DE BOLÍVAR. PROVINCIA BOLÍVAR"*. Trujillo: UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO.
- Ayala, V. (2023). *Mejoramiento de la red de distribución de agua potable y alcantarillado para el mantenimiento digital del sistema en la Urb. Micaela Bastidas*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Balcazár, S. (2021). *Análisis comparativo de los criterios de diseño de redes de distribución de agua potable entre normas Latinoamericanas y Ecuatorianas*. Machala: UTMACH.
- Baneo, C. (2021). *Evaluación y mejoramiento del sistema de agua y evacuación de excretas de la comunidad nativa de Limongema, Manantay, Coronel Portillo, Ucayali*. Callao: Universidad César Vallejo.

- Borda, A. (2020). *Diseño hidráulico empleando dos tipos de sistemas, tubería de polietileno de alta densidad (hdpe) y tubería pvc, la Florida - Huacrachuco - Marañón – Huánuco*. Trujillo: Universidad César Vallejo.
- Burgos, O. (2023). *Prototipo de rediseño de la red de distribución de agua potable mediante un sistema de válvulas de control hidráulico para el mejoramiento y optimización del servicio de abastecimiento del líquido vital del cantón La Troncal, provincia de Cañar*. Guayaquil: ULVR.
- Calderón, E. (2022). *“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE CONSUMO HORARIO*. Riobamba.
- Calderón, E., & Tello, M. (2022). *Estudio de comportamiento de consumo horario residencial de agua potable en los cantones Colta y Penipe*. Riobamba: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.
- Calles-García, J., & González-Pérez, P. (2011). *La Biblia del Footprinting*.
- Cama, L. (2022). *Modelamiento hidráulico para el control de pérdidas y gestión del sistema de agua potable de la ciudad de Piura*. 2022: Universidad privada de Tacna.
- Castillo, A., & Vásquez, L. (2021). *“DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL ANEXO DE NAZARENO, DISTRITO DE MAGDALENA DE CAO - ASCOPE - LA LIBERTAD”*. Trujillo: UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO.
- Céspedes, G., & Correa, J. (2021). *Mejoramiento de la Productividad Implementando Metodología BIM en la fase de Diseño de un Módulo de Techo Propio - Piura*. Piura: Universidad César Vallejo.
- Chamorro, J., & Sango, D. (2024). *Evaluación y diseño del sistema de agua potable y alcantarillado en la comunidad de pusir grande y tumbatú, cantón bolívar, parroquia san vicente de pusir, provincia del carchi*. Quito: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.
- Cieza, J. (2018). *EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE DE LAS LOCALIDADES QUE CONFORMAN EL CENTRO POBLADO CHILIMPAMPA BAJA*. Cajamarca: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA.
- Construcción, C. e. (1992). *NORMAS PARA EL ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. Quito: INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.
- Construcción, N. E. (s.d.). Fonte: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- Copa, E., & Gonzalo, S. (2021). *Mejoramiento del modelamiento hidráulico para la sectorización de redes de agua potable de la ciudad de Ilo*. TACNA: Universidad privada de TACNA.
- Córdova, M. (2023). *Diseño hidráulico de los sistemas de abastecimiento de agua potable, alcantarillado y con UBS en la localidad la Lima del Distrito de Querocoto- Cajamarca*. Cajamarca: UPAO.
- De León, L., & Libertad, S. (2021). *SECTORIZACIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL ACUEDUCTO DE CORAASAN UTILIZANDO LA HERRAMIENTA EPANET. CASO DE ESTUDIO: MUNICIPIO TAMBORIL (PARTE ALTA)*. Santiago de los Caballeros: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA MADRE Y MAESTRA.

- Facundo, E. (2020). *CONTROL DE PRESIONES DE AGUA POTABLE PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE SECTORIZACIÓN EN EL DISTRITO DE CHOCOPE*. Trujillo: UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO .
- GADMUR. (2025). *Municipio de Rumiñahui*.
- Gómez, J. (2021). *Implementación de soluciones basadas en la naturaleza (SBN) para la recuperación hidráulica del arroyo león y su interacción con la ciénaga de Mallorcaín*. Mallorcaín: Universidad del Norte.
- Gordillo, E. (2022). *DETERMINACIÓN DE CONSUMOS Y FACTORES DE MAYORACIÓN PARA CAUDAL MÁXIMO DIARIO Y CAUDAL MÁXIMO HORARIO RESPECTO A LECTURAS DE MACROMEDICIÓN EN TANQUES DE RESERVA DE AGUA POTABLE CORRESPONDIENTES A LOS CANTONES DE CUENCA Y SALINAS, Y MODELACIÓN DE REDES HID.*
- Hernández, C. (2024). *Diseño de los componentes de conducción y bombeo de un reservorio para un sistema de riego presurizado por goteo y cálculo de consumo de energía: Caso de una parcela ubicada en Cañete-Lima*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- INEC. (02 de 2024). Fuente: https://www.censoecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2024/03/CPV_2022_Reporte_Tecnico_mar2024.pdf
- INEN. (2013). Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1575:2013. Sistemas de abastecimiento de agua potable.
- Landívar, M. (2021). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en la localidad de las Cuevas, distrito de Frías, provincia de Ayabaca*. Cuevas: ULADECH.
- Larriva, J. (2024). *Modelación hidráulica del sistema de distribución de agua potable de Baños, cantón Cuenca, Azuay*. Azuay: Universidad del Azuay.
- Limache, K. (2022). *“DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DISTRITO DE CAMILACA, PROVINCIA DE CANDARAVE, TACNA”*. TACNA: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA.
- Llanos, D. (2021). *“Determinación de los coeficientes reales de*. Perú: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA.
- López, F. (2022). *Adaptación y remodelación de nave industrial existente en polígono industrial para la ejecución de una ITV de dos líneas*. Madrid: ICAI.
- Mas, E. (2021). *Diseño del sistema de agua potable y saneamiento básico en la asociación de Viviendas Montesol, Distrito de Chachapoyas, asociación de Viviendas Montesol, Distrito de Chachapoyas, asociación de Viviendas Montesol, Distrito de Chachapoyas, Amazonas*. Chiclayo: Universidad César Vallejo.
- Mera, S. (2023). *Diseño del sistema de agua potable, alcantarillado, pavimentación y drenaje pluvial en el sector Falso Paquisha, provincia de Cutervo-Cajamarca*. Chiclayo: UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO.
- Molina, J. (2021). Estudio de la gestión de las estrategias de riego en los olivares tradicionales. *AERYD*. doi:<https://doi.org/10.31428/10317/10085>
- Muñoz, J. (2022). *“Eficiencia hidráulica en el sistema de agua potable en la localidad de Umaccata - Abancay -Apurímac, 2020”*. Abancay: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES.

- Ocadiz, I. (2023). Sectorización de una red de agua potable utilizando el método de elemento finito. *PADI*, 142-150. Fuente: <https://doi.org/10.29057/icbi.v11i21.11017>
- Ortega, E. (2022). *Propuesta de calibración en redes de distribución mediante software computacional para la gestión de recursos hídricos- Pillcomarca 2022*. Huaraz: Universidad César Vallejo.
- Ortiz, M., & Pérez, R. (2023). *MEJORAMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CASCO CENTRAL DE LA PARROQUIA SAN ANTONIO DE PASA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA TUNGURAHUA*. Ambato: UTA.
- Rincón, L., & Córdoba, M. (2017). *DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE MAYORACIÓN PARA EL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE SIABTÉ CON RESPECTO A LOS DEFINIDOS EN LA RESOLUCIÓN NÚMERO 0330*. Bogotá.
- Rumiñahui, M. d. (2023). *Plan de desarrollo urbano*. Quito .
- Seco, F. (2021). *Análisis de Metodologías para la estimación de Tránsito Futuro en Carreteras (aplicado a la Provincia de Santa Fe)*. Santa Fe: UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO.
- Suarez, M. (2019). *Diseño del sistema de red de agua potable de la localidad de Huambos, provincia de Chota, distrito de Huambos - región Cajamarca*". HUAMBOS: UDLADECH.
- Torres, L. (2022). *Diseño de investigación para la determinación del índice de calidad del agua ICA-NSF y vulnerabilidad acuífera de un sistema hidrogeológico en el área del pozo de Colonia Residencial, San José el Placer San José Villa Nueva*. San José el Placer San José Villa Nueva: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Ullah, M. (2019). *Análisis y proyección de la población futura de Bangladesh mediante un modelo de crecimiento logístico*. Fuente: <https://doi.org/10.4236/ijmnta.2019.83004>
- Ullah, M. M. (2019). *Análisis y proyección de la población futura de Bangladesh mediante un modelo de crecimiento logístico*. Fuente: <https://doi.org/10.4236/ijmnta.2019.83004>
- Ullah, M. M. (2019). *Análisis y proyección de la población futura de Bangladesh mediante un modelo de crecimiento logístico*. Fuente: <https://doi.org/10.4236/ijmnta.2019.83004>
- Usua, E. (2018). *Determinación de los coeficientes de variación de consumo horario y diario de agua potable en la ciudad de Huaraz*. Huaraz: UNASAM.
- Valladares, T. (2021). *Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable en el caserío ataspaya, distrito de carumas, provincia de mariscal nieta, departamento de moquegua, para su incidencia en la condición sanitaria de la población – 2021*. Chimbote: Universidad Católica los ángeles CHIMBOTE.
- Villalobos, Y. (2023). *Diseño de herramientas para la integración de un Sistema de Gestión Energética y Ambiental basado en normas ISO en la empresa Mabe Costa Rica*. Mabe: TEC.
- Villazante, D. (2022). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTÓNOMO E INTELIGENTE CON CAPACIDAD DE MONITOREAR VARIABLES CLIMÁTICAS*. La Paz: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS .