



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE CIVIL**

Propuesta de un coeficiente de variación del consumo máximo diario de agua potable de la norma ecuatoriana CPE INEN 5

**Trabajo de titulación para optar al título de ingeniero civil**

**Autor:**

Benalcázar Toledo, Nadia Ibeth

**Tutor:**

Ing. MSc. Alfonso Patricio Arellano Barriga

**Riobamba, Ecuador. 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **Nadia Ibeth Benalcázar Toledo** con cédula de ciudadanía 0604589283, autor del trabajo de investigación titulado: **"PROPUESTA DE UN COEFICIENTE DE VARIACIÓN DEL CONSUMO MÁXIMO DIARIO DE AGUA POTABLE DE LA NORMA ECUATORIANA CPE INEN 5"**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto a los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad, librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 25 de noviembre de 2024.



Nadia Ibeth Benalcázar Toledo

C.I.0604589283

## **ACTA FAVORABLE - INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

En la Ciudad de Riobamba, al 1er día del mes de Agosto de 2024, luego de haber revisado el informe Final del Trabajo de Investigación presentado por la estudiante Benalcazar Toledo Nadia Ibeth con CC: 0604589283, de la carrera de Ingeniería Civil, y dando cumplimiento a los criterios metodológicos exigidos, se emite el **ACTA FAVORABLE DEL INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN** titulado "**Propuesta de un coeficiente de variación del consumo máximo diario de agua potable de la norma ecuatoriana CPE INEN 5**", por lo tanto se autoriza la presentación del mismo para los trámites pertinentes.



---

Ing. MSc. Alfonso Patricio Arellano Barriga  
**TUTOR PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación "**Propuesta de un coeficiente de variación del consumo máximo diario de agua potable de la norma ecuatoriana CPE INEN 5**", presentado por Nadia Ibeth Benalcázar Toledo, con cédula de identidad número 0604589283, bajo la tutoría del Ing. Alfonso Arellano; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 13 de diciembre de 2024.

Ing. Jessica Brito

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE  
GRADO**



Firma

Ing. Gabriela Zuñiga

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE  
GRADO**



Firma

Ing. Nelson Patiño

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



Firma



Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO

*en movimiento*



UNACH-RGF-01-04-08.15  
VERSIÓN 01: 06-09-2021

# CERTIFICACIÓN

Que, **Benalcazar Toledo Nadia Ibeth** con CC: **0604589283**, estudiante de la Carrera de **Ingeniería Civil**, Facultad de **Ingeniería**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**Propuesta de un coeficiente de variación del consumo máximo diario de agua potable de la norma ecuatoriana CPE INEN 5**" cumple con el 10 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 19 de noviembre de 2024

Ing. MSc. Alfonso Patricio Arellano Barriga  
**TUTOR**

## **AGRADECIMIENTO**

*En este momento significativo de mi trayecto académico, quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que han desempeñado un papel fundamental en mi éxito y en la culminación de esta tesis.*

*En primer lugar, agradezco profundamente a Dios, quien ha sido mi guía constante y mi fuente de fortaleza durante este viaje académico. Sin su amor y dirección, este logro no habría sido posible.*

*A mis queridos padres, les extiendo mi gratitud infinita. Su apoyo incondicional, su sacrificio y su constante ánimo me han impulsado a alcanzar mis metas educativas. Su ejemplo de determinación y amor incondicional son un faro en mi vida.*

*A mi tutor, Alfonso Arellano merece un agradecimiento especial. Su orientación experta, su paciencia y su dedicación me han enriquecido académicamente y me han enseñado a superar obstáculos con confianza y valor.*

***Nadia Ibeth Benalcázar Toledo***

## **DEDICATORIA**

*A mí misma, por nunca renunciar en los momentos más difíciles, dedico este trabajo como un testimonio de mi fuerza y perseverancia.*

*A mi querida hermana Sthefy, a mi cuñado Michael quienes siempre estuvieron a mi lado, brindándome su aliento y amor. A Noe Arzate, por su apoyo emocional e incondicional que fue un pilar fundamental en este viaje.*

*A mis verdaderos amigos, Israel, Juan, Cesar, Miguel, David, Cynthia y Paola quienes siempre estuvieron presentes y compartieron este camino conmigo, les dedico este logro con gratitud por su amistad verdadera y apoyo constante.*

*Nadia Ibeth Benalcázar Toledo*

## ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	14
1.1    Antecedentes.....	14
1.2    Planteamiento del Problema.....	16
1.3    Justificación.....	16
1.4    Objetivos .....	17
1.4.1    General.....	17
1.4.2    Específicos.....	17
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	18
2.1    Estado del Arte .....	18
2.2    Marco teórico.....	19
CAPITULO III: Metodología.....	20
3.1    Desarrollo método cuantitativo .....	20
CAPITULO IV: RESULTADO Y DISCUSIÓN .....	26
4.1    Resultados .....	26
4.2    Análisis de ANOVA y Test de Tukey .....	37
4.3    Discusión.....	43



CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	45
5.1 Conclusiones.....	45
5.2 Recomendaciones .....	46
6. BIBLIOGRAFÍA.....	47

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Estudios analizados. ....	21
<b>Tabla 2.</b> Parámetros de análisis .....	24
<b>Tabla 3.</b> Rangos demográficos .....	24
<b>Tabla 4.</b> Información procesada análisis geográfico.....	26
<b>Tabla 5.</b> Resultados por regiones.....	27
<b>Tabla 6.</b> Información procesada análisis demográfico.....	32
<b>Tabla 7.</b> Resultados análisis demográficos.....	33
<b>Tabla 8.</b> Análisis de Varianzas .....	37
<b>Tabla 9.</b> Intervalos de confianza IC de 95%.....	37
<b>Tabla 10.</b> Comparación de parejas Tukey.....	38

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Localización geográfica de los 65 poblados ecuatorianos estudiados. ....	15
<b>Ilustración 2.</b> Proceso del desarrollo de la investigación.....	20
<b>Ilustración 3.</b> Gráfica de dispersión Kds en la región Amazónica.....	28
<b>Ilustración 4.</b> Gráfica de dispersión Kds en la región Sierra .....	29
<b>Ilustración 5.</b> Representación de consumos región Amazónica.....	30
<b>Ilustración 6.</b> Representación de consumos región Sierra .....	31
<b>Ilustración 7.</b> Gráfico de Dispersión Rango 1.....	34
<b>Ilustración 8.</b> Gráfico de Dispersión Rango 2.....	34
<b>Ilustración 9.</b> Gráfico de Dispersión Rango 3.....	35
<b>Ilustración 10.</b> Gráfico de Dispersión Rango 4.....	35
<b>Ilustración 11.</b> Gráfico de dispersión rango 5 .....	36
<b>Ilustración 12.</b> Gráfica de comparación de variación de Kd.....	36
<b>Ilustración 13.</b> Grafica del Índice de confianza de 95% de Tukey .....	38
<b>Ilustración 14.</b> Gráfica de intervalos con 95% IC Tukey .....	38
<b>Ilustración 15.</b> Consumos Rango 1.....	39
<b>Ilustración 16.</b> Consumos Rango 2.....	40
<b>Ilustración 17.</b> Consumos Rango 3.....	41
<b>Ilustración 18.</b> Consumos Rango 4.....	42
<b>Ilustración 19.</b> Consumos Rango 5.....	42

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal actualizar el coeficiente de variación del consumo máximo diario de agua potable de acuerdo con la norma ecuatoriana CPE INEN 5. Para lograrlo, se realizó un análisis exhaustivo que considera tanto variables geográficas como demográficas, utilizando una base de datos que abarca múltiples poblados en Ecuador.

Los objetivos específicos incluyeron la recopilación y organización de los datos de consumo máximo diario de agua potable (Kd) en una base de datos, la eliminación de datos atípicos, la segmentación de los datos por rangos geografía y rangos demográficos, y finalmente, la determinación de los nuevos valores de consumo máximo diario actualizado.

El análisis demográfico reveló que el tamaño de la población influye significativamente en los patrones de consumo de agua, lo que llevó a la definición de diferentes rangos poblacionales demográficos. Asimismo, el análisis geográfico mostró variaciones en los niveles de consumo de agua potable entre diferentes regiones, como la Amazonia y la Sierra. Los resultados revelaron que los coeficientes “Kd” varían según la demografía y la geografía. Se propusieron nuevos valores de Kd específicos para diferentes para diferentes rangos demográficos y geográficos, lo que permitirá una planificación más precisa y eficiente del suministro de agua para la población.

Este estudio se basó en investigaciones previas y datos recopilados de 65 poblados ecuatorianos. Los hallazgos también se compararon con estudios similares realizados en otros lugares, destacando la importancia de adaptar la norma CPE INEN 5 para reflejar mejor las condiciones geográficas y demográficas específicas de Ecuador.

En un contexto global de preocupación por la escasez de agua, esta investigación contribuye a mejorar la gestión y planificación del suministro de agua potable en Ecuador, brindando una base actualizada para el diseño de redes de dotación de agua y destacando la importancia de considerar variables demográficas y geográficas en este proceso.

**Palabras clave:** *Coeficiente de variación, Consumo máximo diario, Variables geográficas, Rangos poblacionales, sobredimensionado.*

## ABSTRACT

The main objective of this research is to update the coefficient of variation of the maximum daily drinking water consumption according to the Ecuadorian standard CPE INEN 5. To achieve this, an exhaustive analysis was carried out that considers geographic and demographic variables, using a database covering multiple towns in Ecuador. Specific objectives included collecting and organizing the maximum daily drinking water consumption (Kd) data in a database, eliminating outliers, segmenting the data by geography and demographic ranges, and determining the updated daily consumption values. The demographic analysis revealed that population size significantly influences water consumption patterns, which led to the definition of different demographic population ranges. Likewise, the geographical analysis showed variations in drinking water consumption levels between regions like the Amazon and the Sierra. The results revealed that the "Kd" coefficients vary according to demographics and geography. New Kd values specific to different demographic and geographic ranges were proposed, allowing for more accurate and efficient water supply planning for the population. This study was based on previous research and data collected from 65 Ecuadorian towns. The findings were also compared with similar studies conducted elsewhere, highlighting the importance of better adapting the CPE INEN 5 standard to reflect Ecuador's specific geographic and demographic conditions. In a global context of concern about water scarcity, this research contributes to improving the management and planning of drinking water supply in Ecuador, providing an updated basis for designing water supply networks and highlighting the importance of considering demographic and geographic variables in this process.

**Keywords:** Coefficient of variation, Maximum daily consumption, Geographic variables, Population ranges, oversizing.



Reviewed by:  
Mgs. Maria Fernanda Ponce Marcillo  
**ENGLISH PROFESSOR**  
C.C. 0603818188

## CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La escasez de acceso a agua potable, afecta de manera directa la calidad de vida de las personas y tiene un impacto representativo en la salud, agricultura, industria y bienestar en general. La disponibilidad limitada de agua potable en los poblados ecuatorianos, plantea un desafío para los habitantes, ya que es fundamental para un buen desarrollo.

La Agencia de Regulación y Control del Agua ARCA (2019), en su boletín estadístico reconoce a través del indicador de cobertura del servicio de agua potable (CSAP), que en el año 2020 el promedio de cobertura a nivel nacional en el área urbana es de **79,28%**, reflejando un descenso ya que en el año 2019, el promedio de cobertura se encontraba en un **83,70%**.

La mala calidad de los servicios de agua potable como consecuencia de la escasa cobertura, daña la salud de la población, afecta el medio ambiente e influye negativamente al desarrollo socioeconómico del país (Rozas Balbontín, 2011). Por lo tanto, es crucial mantener sistemas de abastecimiento que garanticen una amplia cobertura de servicios de agua potable en todas las comunidades de Ecuador.

El adecuado diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, contribuye al desarrollo de las poblaciones, por lo tanto es esencial que los diseños cumplan con las normativas vigentes que garantizan la calidad y el adecuado suministro de agua, desde sus fuentes naturales, hasta la entrega en las poblaciones (Cárdenas & Patiño, 2010).

Existen varios factores que afectan el consumo de agua, y es importante considerarlos en el diseño de sistemas de abastecimiento. En el Instituto Ecuatoriano de Normalización Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 005-9-1, no se ha realizado una actualización del coeficiente de variación máxima diaria, conocido como “Kd”, tampoco se ha llevado a cabo un análisis geográfico o demográfico que pueda contribuir de manera más precisa al estudio de caudales. Esta omisión es significativa, ya que, como sugiere (Arellano et al., 2018), el analizar nuevos rangos poblacionales en función de los consumos per cápita puede proporcionar una base de datos más sólida. La capacidad de analizar el coeficiente Kd en relación a los rangos demográficos resulta fundamental para la determinación de caudales de diseño más precisos, lo que, a su vez, garantiza el correcto funcionamiento de los sistemas de agua potables diseñados.

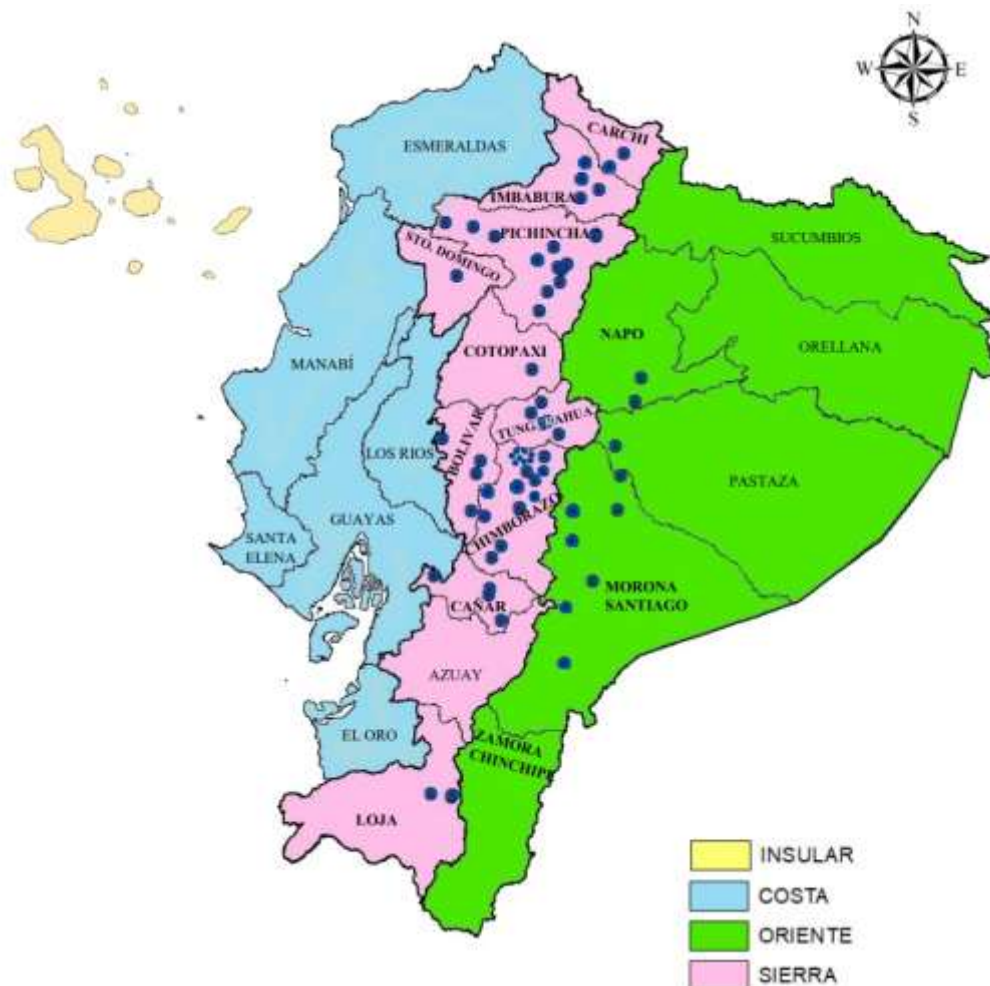
El coeficiente (Kd) expresa una relación entre el caudal medio y el caudal máximo diario registrado, siendo un factor de mayoración. Para encontrar este factor la norma CPE INEN 005-9-1 recomienda utilizar valores entre 1.3 y 1.5 o a su vez el uso de la siguiente expresión para diseños de un sistema de agua potable (INEN, 1992).

$$kd = \frac{Q_{\text{máx. diario}}}{Q_{\text{med. diario}}} \quad [\text{Ec. 1}]$$

Donde:

- **Kd:** Coeficiente de variación de consumo
- **Q<sub>máx.diario</sub>:** Caudal máximo diario
- **Q<sub>med.diario</sub>:** Caudal medio diario (actual o futuro)

El presente estudio complementa el análisis de la investigación “Variación demográfica y geográfica de los coeficientes de máximos consumos diarios de agua potable en 50 poblados ecuatorianos” realizada por Valiente Cuchiye, B(2022) el cual se basó en 12 investigaciones anteriores sobre el valor del coeficiente de variación “Kd” en diferentes poblados ecuatorianos. Actualmente el análisis incluye 65 poblados ecuatorianos entre los cuales 55 pertenecen a la región Sierra y 10 a la región amazónica. La población más grande se encuentra en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas con 450 mil habitantes y la más pequeña en la parroquia Sta. Marianita de la provincia de Chimborazo con apenas 205 habitantes.



*Ilustración 1. Localización geográfica de los 65 poblados ecuatorianos estudiados.*

**Elaborado por:** el autor

En la (Ilustración 1), se representan los valores de coeficiente de variación de consumo diario (Kd) en cada región como puntos de estudio.

La región amazónica cuenta con un clima tropical húmedo en la cual la temperatura llega a variar entre 24°C hasta 40°C en alturas menores a 1500 msnm, mientras que en la región sierra el clima tiene una variación entre 8°C hasta 20°C en alturas entre los 1500 msnm a 3000 msnm (Varela & Ron, 2018).

De forma precedente se recopila información de los diferentes estudios realizados en la línea de investigación, que se desarrolla en la Universidad Nacional de Chimborazo sobre el proyecto “Determinación de la variación de consumos de agua potable en ciudades menores a 150 000 habitantes del Ecuador” enfocándose en los coeficientes de variación de consumo diario (Kd) de cada zona de estudio.

## **1.2 Planteamiento del Problema**

Algunas ciudades de Ecuador cuentan con más del 90% de suministro de agua potable, mientras que otras son deficitarias. Los abastecimientos de agua en las poblaciones con baja cobertura deben trabajar en el aumento de sistemas de agua potable o en la implementación de redes de dotación que aborden la escasez de agua para el consumo de las personas. Uno de los parámetros de diseño más importantes en los estudios de agua potable es el caudal máximo diario, que se utiliza para calcular el caudal de diseño para cada mecanismo del sistema de agua potable. Para ello el caudal de diseño debe ser multiplicado con el coeficiente de variación de consumo máximo diario (Kmax diario), que se encuentra en un rango entre 1.3 y 1.5, los cuales están desactualizados ya que fueron tomados de la norma CPE INEN 005-9-1 que fue elaborada en los años setenta. Para realizar estos proyectos es fundamental trabajar con información actualizada, puesto que si se utilizan datos inexactos se podría provocar diseños subdimensionados o sobredimensionados que no sean aptos con los requerimientos de cobertura y calidad que exigen las necesidades de la población ecuatoriana.

## **1.3 Justificación**

La presente investigación tiene como finalidad la actualización del coeficiente de variación de consumo máximo diario de agua potable de la norma ecuatoriana CPE INEN 5 realizando un análisis correlacional entre la variación de consumo (Kd) y características tanto geográficas como demográficas, para proporcionar información renovada apta para efectuar diseños de redes de dotación de agua para el consumo de la población, a partir del análisis de una base de datos de los consumos históricos de agua potable de varios poblados en el Ecuador, basados en la norma actualizada CPE INEN 5-9-1. Además, los coeficientes “Kd” encontrados en esta investigación aportarán al proyecto “Determinación de la variación de consumos de agua potable en ciudades menores a 150 000 habitantes del Ecuador”.



## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 General**

- Proponer un coeficiente de variación del consumo máximo diario de agua potable de la norma ecuatoriana CPE INEN 5.

### **1.4.2 Específicos**

- Recopilar y organizar los Kd de todos los poblados en una base de datos para establecer tendencias entre los datos primarios y los no válidos.
- Eliminar los datos atípicos a través del test de cajas y bigotes en Minitab y realizar un análisis de varianzas entre los Kd para fijar los rangos de acuerdo al test Tukey.
- Ordenar los resultados para obtener el consumo máximo diario demográfico y geográfico actualizado.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Estado del Arte

El análisis bibliográfico se ha realizado a partir de estudios que se han desarrollado en la Universidad Nacional de Chimborazo bajo la denominación “Determinación de la variación de consumos de agua potable en ciudades menores a 150 000 habitantes en Ecuador” y estudios con referencia a consumos y variaciones de agua potable con la relación de variables geográficas y demográficas.

Un estudio realizado en Sonora - México encontró que la ubicación geográfica afecta directamente en la demanda del consumo, teniendo gran impacto en el desarrollo económico (Ojeda-De La Cruz et al., 2016), mientras que Ramírez Mosquera et al., 2019, nos dice que en México se han identificado como mayores factores que influyen al consumo de agua, al crecimiento poblacional y el aumento de densidad poblacional. Sin embargo, estos estudios se realizaron en un país con contextos geográficos y demográficos diferentes a los de Ecuador. Es por ello que resulta crucial llevar a cabo investigaciones similares en el contexto ecuatoriano para entender mejor cómo estas variables influyen en el consumo de agua y cómo se pueden tomar en cuenta en la norma CPE INEN 5.

Un ecuatoriano utiliza aproximadamente 249 litros de agua al día (Mancheno Corral, 2020). Esto supera los 100 litros recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el consumo y las necesidades de limpieza y es un 40% más que el promedio del área. Según el último informe de la UNICEF, se estima que 3.600 millones de personas viven actualmente en zonas con riesgo de escasez de agua durante al menos un mes al año. Este número es casi la mitad de la población mundial, y en 30 años esta cifra podría aumentar entre 4.800 a 5.700 millones de personas (Zerpa, 2018).

Los hechos fortuitos pueden alterar los hábitos diarios de cada persona, un ejemplo de ello es el aislamiento obligatorio debido a la propagación del virus covid – 19, mismo que proporcionó estadísticas representativas en cuanto a variaciones del consumo de agua potable. Según datos obtenidos, grandes ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca registraron un aumento hasta de un 20% en el consumo de agua potable (Mora, 2012). Por otro lado la investigación realizada por (Zúñiga et al., 2023), en 46 poblados Ecuatorianos entre la región Sierra y Amazonía, demuestra que en ningún poblado el consumo máximo histórico es menor al consumo mensual en cuarentena, esto debido al cierre temporal de comercios, industrias y empresas.

Arellano et al., 2018 asegura que la norma ecuatoriana CPE INEN 005-9-1 que se utiliza para la planificación de proyectos de agua potable está desactualizada y es necesario realizar cambios significativos. Indica variables meteorológicas (temperatura y humedad), aspectos socioeconómicos (demografía y clases sociales) como propiedades originales para un mayor consumo de agua potable.

La demografía influye en el consumo de agua potable y el coeficiente de variación del consumo diario (Kd) varía en función del tamaño de las áreas metropolitanas, sean estas

pequeñas, moderadas o monumental (Fernández & Salazar, 2021). Se recomienda ajustar el valor del  $Kd$  según el tamaño de la población para evitar el subdimensionamiento como el sobredimensionamiento del suministro (Arellano & Salazar, 2020).

En el contexto socioeconómico, los usuarios reaccionan a través de cambios en las tendencias de consumo en función de la calidad del suministro de agua potable. Cuando el suministro es de alta calidad, los usuarios consumen directamente del sistema de red pública, sin embargo, en caso contrario recurren al uso de tanques de almacenamiento en los hogares. Existe una tendencia lineal en el uso del agua y como varía con el nivel socioeconómico y demográfico, es decir, para mayor población hay mayor insatisfacción con el servicio público y mayor consumo de agua embotellada obedeciendo al grado de clase económica en paralelo (Arellano & Lindao, 2019).

## 2.2 Marco teórico

En la presente investigación, se ha empleado los conceptos relacionados con los consumos de agua potable, basándonos en los siguientes criterios y estándares establecidos por la norma (CPE, 1992).

$$Q_{dis} = Q_{med} \quad [Ec. 2]$$

$$Q_{m\acute{a}x. diario} = Q_{med. diario} * kd \quad [Ec. 3]$$

$$Q_{med. diario} = \frac{Q_{m\acute{a}x. diario}}{kd} \quad [Ec. 4]$$

Donde:

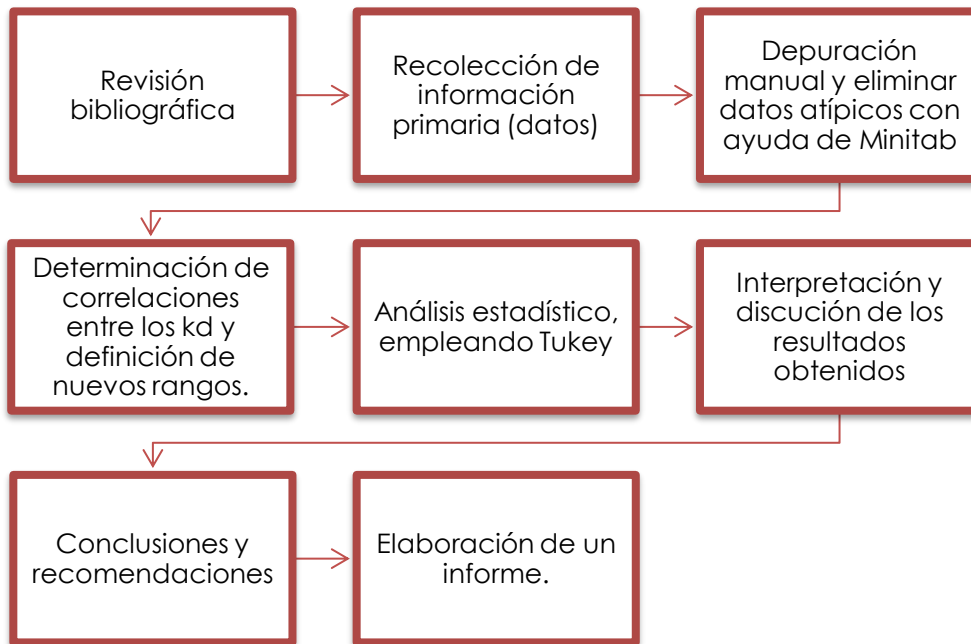
- **Q<sub>dis</sub>**: Caudal de diseño
- **Q<sub>máx.diario</sub>**: Caudal máximo diario
- **Q<sub>med.diario</sub>**: Caudal medio diario (actual o futuro)
- **Kd**: Coeficiente de variación de consumo

Estos conceptos, incluyendo la ecuación [Ec. 1], desempeñan un papel fundamental en la comprensión y evaluación de los patrones de consumo de agua potable, y a su vez contribuye a una investigación más sólida y completa.

## CAPITULO III: METODOLOGÍA

### 3.1 Desarrollo método cuantitativo

El presente estudio emplea un método cuantitativo de forma estructurada, que permite la recopilación y análisis de la información requerida. En el proceso se utiliza repositorios digitales como: ResearchGate, Google Académico, Scopus, también herramientas matemáticas (Excel) y estadísticas (Minitab), y finalmente Microsoft Word para la elaboración del informe investigativo. La finalidad del estudio es proponer una solución en forma numérica al problema planteado, en este caso un valor de coeficiente de variación de



consumo (Kd) actualizado.

**Ilustración 2.** Proceso del desarrollo de la investigación

**Elaborado por:** Autor

La presente investigación comenzó con la compilación de estudios previos de tesis universitarias y otras fuentes con bases geográficas y demográficas en Ecuador sobre los consumos de agua potable en el sector residencial.

Se registró la información de varios estudios, pertenecientes a 65 poblados ecuatorianos que se desarrollaron en base a las poblaciones pertenecientes al censo 2010, de los cuales 55 poblados pertenecen a la región sierra y 10 a la región amazónica.

**Tabla 1***Tabla 1. Estudios analizados.*

<b>Autor</b>	<b>Cantón/Parroquia/Comunidad</b>	<b>Provincia</b>	<b>Población (habitantes)</b>
Guayara y Peña	P. Sta Marianita	Chimborazo	205
	P. El Quinche	Chimborazo	217
	Tamaute	Chimborazo	237
	P. San Miguel	Chimborazo	250
	P. San Pedro	Chimborazo	300
	P. Grande	Chimborazo	320
	Pablo Sexto	Morona	1823
	Penipe	Chimborazo	2089
	Huamboya	Morona	8466
	Morona	Morona	41155
Chavez y Vilema	Palora	Morona	6936
	C. San Gerardo	Chimborazo	2242
	Colta	Chimborazo	2295
	Alausí	Chimborazo	6349
	Chambo	Chimborazo	4459
	Tambo	Cañar	5110
	San Jose de Chazo	Chimborazo	2734
	Calshi grande	Chimborazo	791
	San Japamba	Chimborazo	1428
	Ilapo-chingazos	Chimborazo	1613
Cañar	Cañar	13407	
Llerena y Ramos	Patate	Tungurahua	2160

	Píllaro	Tungurahua	7441
	Pelileo	Tungurahua	10127
	Baños	Tungurahua	12992
	Chillanes	Bolívar	2681
	Chimbo	Bolívar	4402
	Echeandía	Bolívar	6170
	Guaranda	Bolívar	23874
Jiménez	Mira	Carchi	3094
	El Ángel	Carchi	6325
	S.M. Urcuqui	Imbabura	15671
Cazorla y Sela	Chunchi	Chimborazo	3784
	Guamote	Chimborazo	2648
	Latacunga	Cotopaxi	63842
	C.J. Arosemena Tola	Napo	931
Nieto	Santiago de Méndez	Morona	9295
	Limón Indanza	Morona	9722
	Sucua	Morona	18318
Calderon Vacacela	Puembo	Pichincha	13593
	Alangasí	Pichincha	24251
	y Pomasqui	Pichincha	28910
	Amaguaña	Pichincha	31106
	Cumbayá	Pichincha	31463
	Tumbaco	Pichincha	49944
Fernández y Salazar	Tena	Napo	23307
	Puyo	Pastaza	33557
Anangonó	y Cotacachi	Imbabura	40036

Chimarro	Antonio Ante	Imbabura	43518
	Cayambe	Pichincha	85795
	Juan Montalvo	Pichincha	12000
	Puerto Quito	Pichincha	20445
Guerrero	Pedro Vicente Maldonado	Pichincha	12924
	San Miguel de los Bancos	Pichincha	17573
Machado y Ambato	Machachi	Pichincha	16515
	Rumiñahui	Pichincha	85852
Hinojosa y Saltos	Riobamba	Chimborazo	146324
Cali	Troncal	Cañar	35251
Villa	Pallatanga	Chimborazo	11544
Ortiz	Azogues	Cañar	70064
Sailema	Ambato	Tungurahua	165258
Caicedo	Ibarra	Imbabura	181175
Villalta	Loja	Loja	214855
Reino	Santo Domingo	Santo domingo de los Tsáchilas	450000
Sarango	Catamayo	Loja	24413

**Elaborado por:** Autor

Las investigaciones mencionadas en la tabla 1 disponen de datos como; autor, región de cada poblado y población. Obteniendo así una base de datos de los registros mensuales de los medidores domiciliarios que los GADS municipales han facilitado para los estudios anteriormente citados.

Se realizó el análisis en base a los siguientes parámetros:

## Tabla 2

Tabla 2. Parámetros de análisis

Parámetros	Unidad
Número de datos	U
Consumo promedio mensual	m <sup>3</sup> /usuario/mes
Consumo máximo mensual	m <sup>3</sup> /usuario/mes
Tamaño de población	Habitantes
Coefficiente de variación de consumo	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> /usuario/mes

**Elaborado por:** Autor

La información previamente recopilada se ordenó por el tamaño de su población, de menor a mayor estableciendo rangos poblacionales demográficos.

## Tabla 3

Tabla 3. Rangos demográficos

RANGOS POBLACIONALES
Menores a 500 habitantes
Entre 500 y 8000 habitantes
Entre 8000 y 30000 habitantes
Entre 30000 y 150000 habitantes
Mayores a 150000 habitantes

**Elaborado por:** Autor

Después de haber ordenado la información de forma demográfica, se procesó los coeficientes de variación (Kd) por rangos en Minitab utilizando diagramas de caja y bigotes, para poder evaluar la tendencia de distribución de datos. los valores atípicos se eliminaron manualmente reduciendo la variabilidad y mejorando la tendencia de consumos. El mismo procedimiento se realizó de forma geográfica, ordenando por región la información.

El análisis de los datos incluyó la determinación de los valores mínimo y máximo de Kd, así como el cálculo de la desviación estándar. Para una mejor comprensión de la variabilidad en los datos, se empleó un gráfico de dispersión que facilitó la visualización de dicha variabilidad.

En el análisis demográfico, se observó que en algunos rangos de Kd, la desviación estándar presentaba similitudes. Para evaluar si estas medidas eran estadísticamente iguales o



significativamente diferentes, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA). Se planteó una hipótesis nula y una hipótesis alternativa.

**Donde:**

- **Nivel de significancia  $\alpha$ :** 0.05
- **Hipótesis nula:** todas las medias son iguales
- **Hipótesis alternativa:** no todas las medias son iguales.

Si el valor obtenido (valor p) es superior al nivel de significancia establecido  $\alpha=0.05$ , entonces se concluye que la hipótesis nula es válida, lo que indica que todas las medias dentro de la muestra son estadísticamente idénticas. Sin embargo, cuando el valor p es inferior al nivel de significancia  $\alpha=0.05$ , se acepta la hipótesis alternativa, lo que sugiere que al menos una de las medias de la muestra difiere significativamente de las demás.

Cuando se acepta la hipótesis alternativa en el análisis de ANOVA, se procede a llevar a cabo la prueba de Tukey. Con un nivel de significancia del 95%, esta prueba agrupa las medias en categorías que representan consumos que son estadísticamente equivalentes. En otras palabras, se asigna una letra a los consumos de cualquier mes y año que se consideran estadísticamente iguales entre sí.

Finalmente, mediante tablas y gráficas de Excel, se determina un promedio de consumos máximos y consumos medios tanto demográfico como geográfico.

## CAPITULO IV: RESULTADO Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados

Se exponen los resultados derivados del análisis de datos recopilados acerca del consumo de agua potable que se realizó a 65 poblados ecuatorianos, incluyendo cantones, parroquias y comunidades. Se aplicó la función de cajas y bigotes para eliminar datos atípicos. Se eliminaron 13 poblados al usar la función por rangos demográficos, quedando 52 poblados válidos y al aplicarlo en el análisis geográfico se eliminó un total de 19 poblados, obteniendo 46 válidos para continuar la investigación.

Para la evaluación de los poblados según su demografía se realiza una separación entre la región Sierra con un total de 39 poblados y la región Amazónica con 7 poblados, no se cuenta con información sobre la región Costa o Insular.

En la tabla 4 se indica la información procesada de los poblados válidos para el análisis geográfico.

**Tabla 4**

*Tabla 4. Información procesada análisis geográfico.*

N°	Región	Cantón/Parroquia/Comunidad	Población (habitantes)	Usuarios	Número datos	consumos medios	consumos máximos
		C.J. Arosemena					
1		T.	931	1375	49780	19.9	27.8
2		Palora	6936	49414	84714	9.7	14.4
3	Amazonía	Huamboya	8466	2374	18954	11.5	19.5
4		S. Méndez	9295	3254	39879	20.6	33.6
5		Limón Indanza	9722	2468	210084	18.9	27.2
6		Tena	23307	6820	357966	38.9	57.5
7		Morona	41155	4440	946625	17.6	23.5
8		Calshi grande	791	709	17616	6.6	7.8
9		Ilapo-chingazos	1613	1070	21115	7.7	9.9
10		Penipe	2089	2604	12762	8.6	13.4
11		Patate	2160	5000	216000	14.0	22.9
12		C. San Gerardo	2242	5671	50160	9.4	15.1
13		Colta	2295	1632	49104	18.8	27.2
14		Chillanes	2681	5077	32070	9.1	12.5
15	Sierra	S.J. Chazo	2734	29877	50688	9.5	14.8
16		Mira	3094	4497	127296	12.8	19.8
17		Chunchi	3784	486	87736	15.4	19.8
18		Chimbo	4402	7573	54030	14.1	20.4
19		Chambo	4459	2017	97104	20.6	27.1
20		Tambo	5110	409	164376	15.8	19.8
21		El Ángel	6325	13734	14352	14.5	18.6
22		Alausí	6349	11214	362340	27.1	35.3
23		Píllaro	7441	2283	720000	10.0	13.2

24	Pelileo	10127	1023	864000	19.2	29.9
25	Pallatanga	11544	11544	234471	21.9	38.6
26	Juan Montalvo Pedro Vicente	12000	6000	502992	16.0	19.3
27	Maldonado	12924	12924	105581	15.9	20.2
28	Baños	12992	5469	864000	20.0	26.8
29	Puembo	13593	2377	277732	27.1	33.3
30	Cañar	13407	4404	159840	18.2	24.4
31	S.M. Urcuqui	15671	6000	396006	11.4	15.3
32	Machachi	16515	1500	591937	19.9	24.5
33	Puerto Quito	20445	2513	160589	23.6	32.2
34	Guaranda	23874	38118	782598	15.2	20.0
35	Catamayo	24413	4292	504450	18.4	30.2
36	Pomasqui	28910	6420	816311	18.7	26.3
37	Amaguaña	31106	4507	540589	19.3	22.9
38	Cumbayá	31463	7700	941286	27.1	36.1
39	Troncal	35251	7645	508558	15.2	22.7
40	Cotacachi	40036	1148	705600	16.5	36.9
41	Antonio Ante	43518	2013	660000	16.9	26.1
42	Tumbaco	49944	9485	1170015	22.7	32.4
43	Latacunga	63842	2023	1375482	23.4	33.1
44	Azogues	70064	12279	1614096	20.8	25.7
45	Riobamba	146324	505	1613358	17.6	20.8
46	Ibarra	181175	367	3357491	16.1	19.6

**Elaborado por:** Autor

La norma CPE INEN establece un rango de 1.3 a 1.5 para el coeficiente de variación Kd. Al realizar el análisis geográfico, se ha identificado valores mínimos, promedios y máximos para el Kd. Los resultados se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 5**

*Tabla 5. Resultados por regiones.*

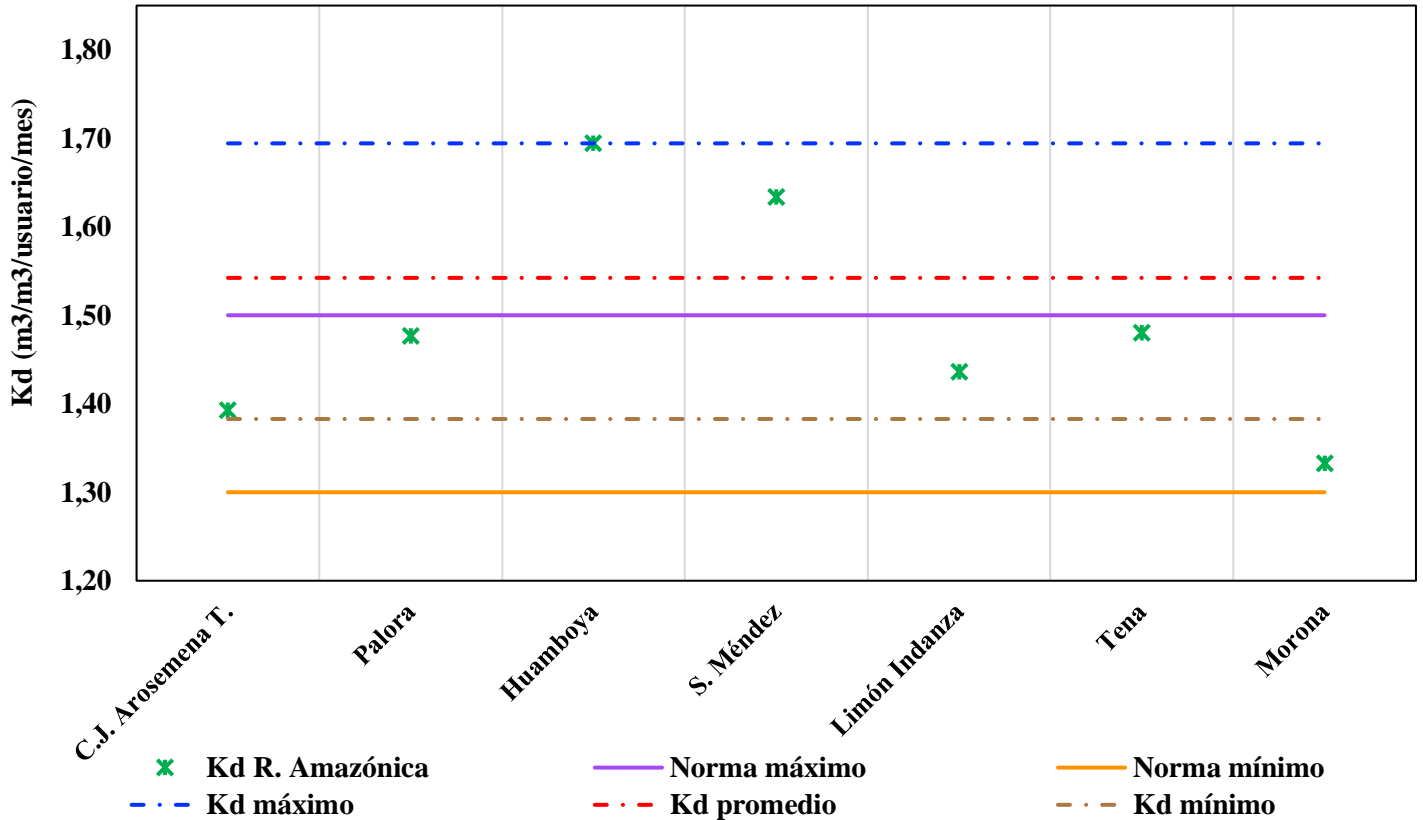
<b>Región</b>	<b>Kd mínimo</b>	<b>Kd promedio</b>	<b>Kd máximo</b>	<b>Desviación estandar</b>
<b>Amazónica</b>	1.38	1.54	1.69	0.1290
<b>Sierra</b>	1.18	1.45	2.23	0.2009

**Elaborado por:** Autor

En la amazonia, la desviación estándar es de 0.129 (-), lo que sugiere que los valores de Kd en esta región tienden a estar más cerca del valor promedio, indicando una menor variabilidad que los de la Sierra.

La Ilustración 3 constituye un gráfico de dispersión que ofrece una representación visual del comportamiento de los valores de Kd, permitiendo una apreciación gráfica de la dispersión y variabilidad que existe entre estos valores.

### Kd en la Región Amazónica

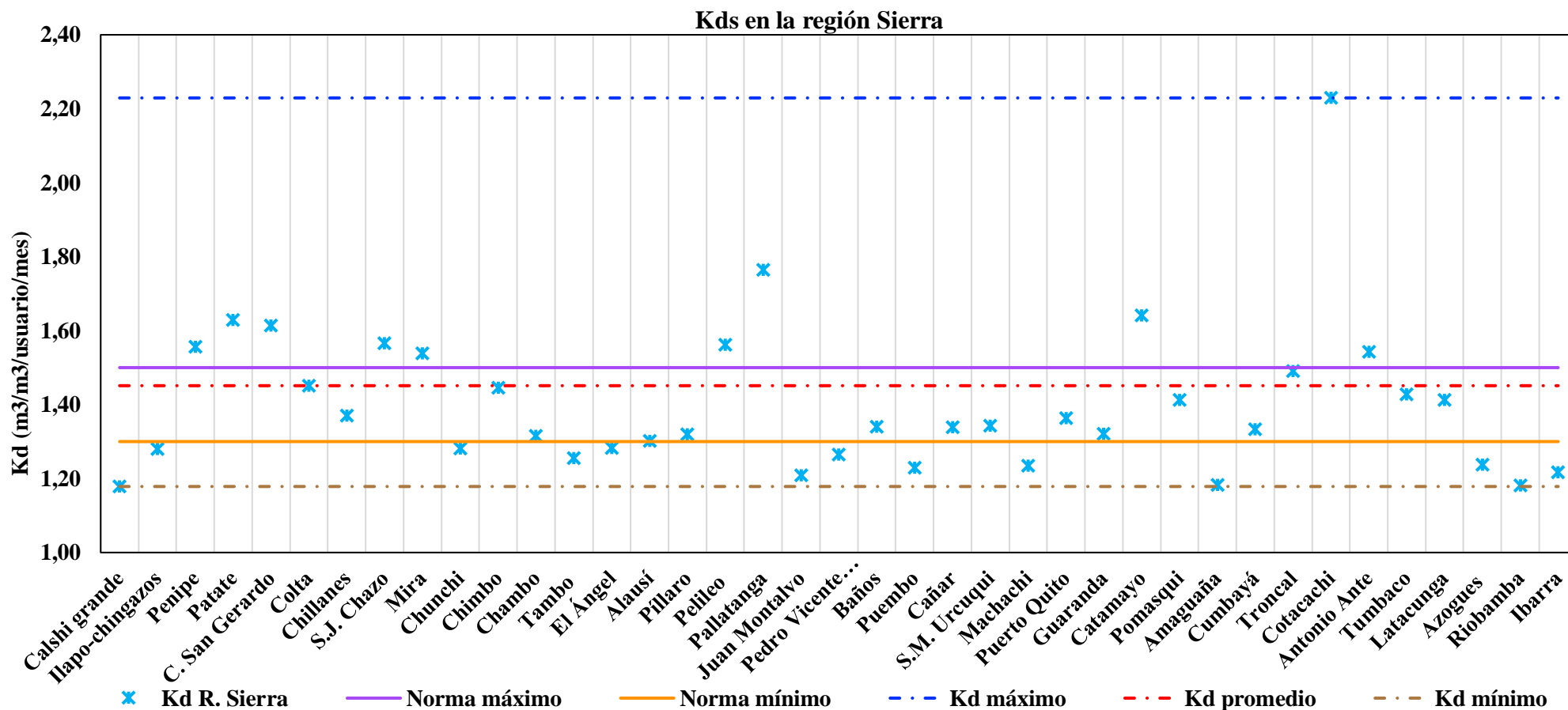


**Ilustración 3.** Gráfica de dispersión Kds en la región Amazónica

**Elaborado por:** Autor

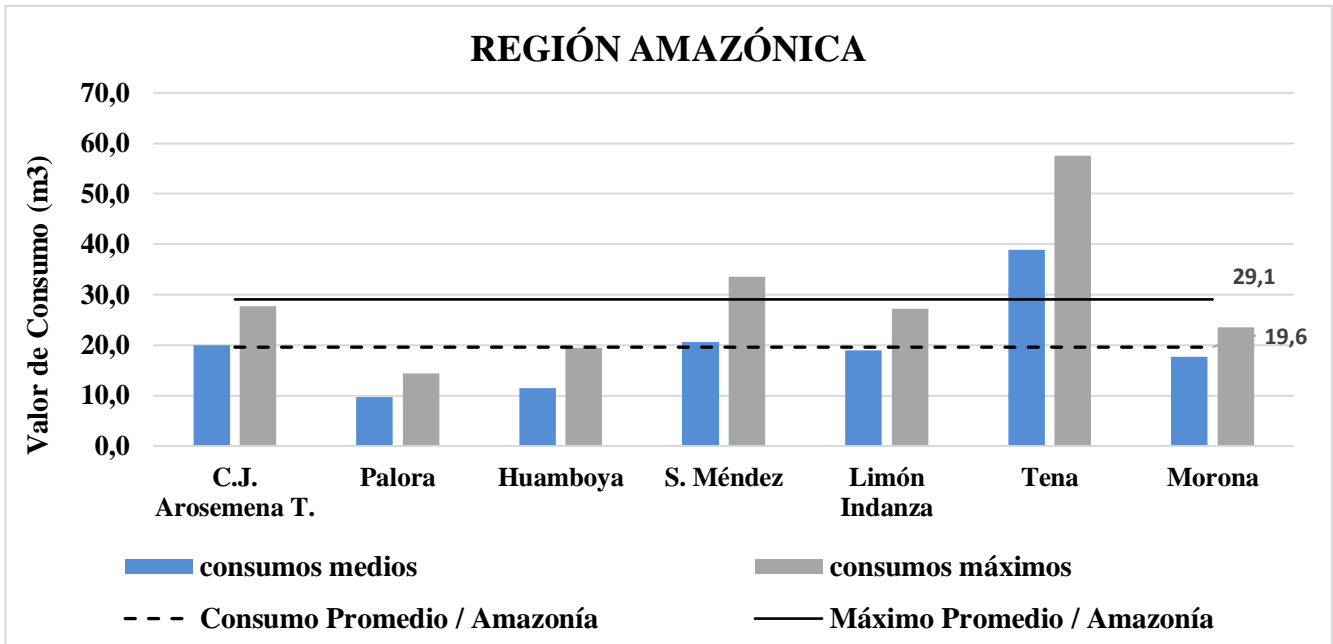
En el caso de la Sierra, la desviación estándar es de 0.201 (-) lo que sugiere que en esta región los valores Kd, tienen a ser más dispersos en relación al valor promedio, se indica una mayor variabilidad.

La Ilustración 4, a diferencia de la Ilustración 3, abarca una extensa cantidad de poblados en la región Sierra. Este gráfico de dispersión se destaca por la riqueza de datos que ofrece, permitiéndonos explorar con mayor profundidad y detalle el intrigante comportamiento de los valores de Kd en esta región, evidenciando su notable variabilidad.



**Ilustración 4.** Gráfica de dispersión Kds en la región Sierra  
Elaborado por: Autor

A continuación, se presentan los resultados del consumo máximo diario en la Amazonía y Sierra.



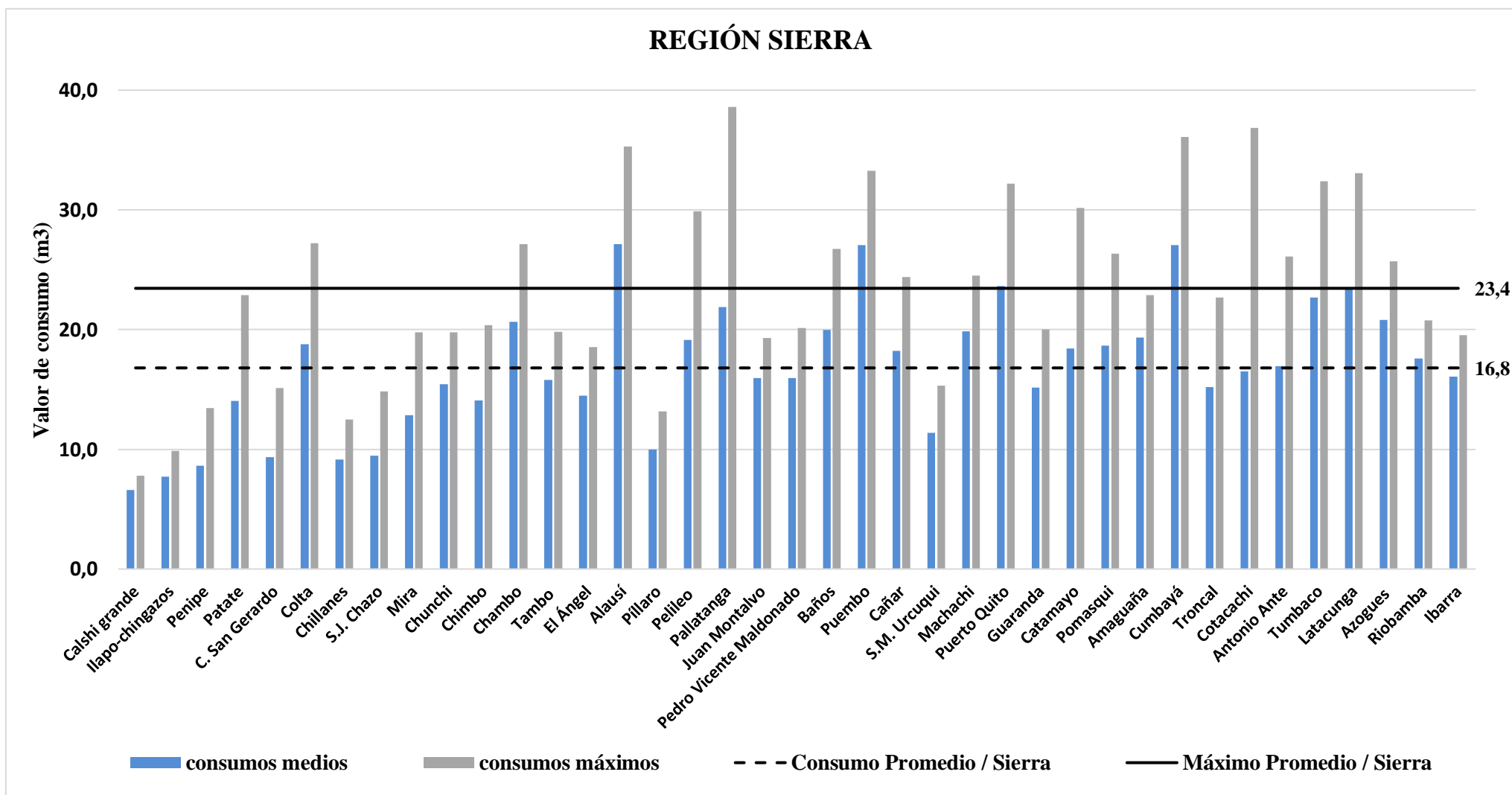
**Ilustración 5.** Representación de consumos región Amazónica

**Elaborado por:** Autor

En esta ilustración, se representa el consumo promedio diario y también el consumo máximo diario en la región Amazónica, resaltando la variabilidad en los niveles de consumo en diversos poblados de la región, obteniendo 29.1 m³ como consumo promedio máximo y 19.6 m³ de consumo promedio.

La ilustración 6 expone el consumo máximo diario en la región Sierra. Se observan las variaciones en el consumo máximo en diferentes áreas geográficas dentro de la Sierra. El análisis abarca un total de 39 poblados en esta región.

Un ejemplo de estos hallazgos es Pallatanga, que se destaca con un pico de consumo máximo de 38.6 m³. Estos datos brindan información valiosa para la gestión y planificación del suministro de agua en la región Sierra. El consumo promedio máximo en esta región es de 23.4 m³, mientras que el consumo promedio es de 16.8 m³ .



**Ilustración 6.** Representación de consumos región Sierra

**Elaborado por:** Autor

En el análisis demográfico, disponemos de un punto de partida gracias al estudio realizado por (Arellano et al., 2018). En este contexto, se considera lo siguiente: Rango 1: poblaciones menores que 500 habitantes (4 poblados); Rango 2: entre 500 y 8.000 habitantes (19 poblados); Rango 3: entre 8.000 y los 30.000 habitantes (17 poblados); y, Rango 4: entre los 30.000 y los 150000 habitantes (10 poblados). Finalmente se incorpora un quinto rango que tiene en cuenta a las poblaciones con más de 150000 habitantes (2 poblados).

La tabla 6 expone la información procesada de los registros primarios de los poblados válidos para el análisis demográfico.

**Tabla 6**

*Tabla 6. Información procesada análisis demográfico*

Rango	Nº	Cantón/Parroquia/Comunidad	Población (habitantes)	Usuario	Nº datos	consumos medios	consumos máximos	
1	1	Tamaute	237	114	8778	9.63	20.06	
	2	P. San Miguel	250	49	2597	10.34	34.04	
	3	P. San Pedro	300	84	4452	8.84	20.59	
	4	P. Grande	320	88	4664	13.47	25.93	
2	5	Calshi grande	791	709	17616	6.61	7.79	
	6	C.J. Arosemena T.	931	1375	49780	19.93	27.75	
	7	Ilapo-chingazos	1613	1070	21115	7.72	9.88	
	8	Pablo Sexto	1823	1801	76483	13.21	23.46	
	9	Penipe	2089	2604	12762	8.64	13.44	
	10	Patate	2160	5000	216000	14.04	22.86	
	11	C. San Gerardo	2242	5671	50160	9.36	15.1	
	12	Colta	2295	1632	49104	18.77	27.22	
	13	Chillanes	2681	5077	32070	9.13	12.51	
	14	S.J. Chazo	2734	29877	50688	9.48	14.84	
	15	Mira	3094	4497	127296	12.84	19.7542	
	16	Chunchi	3784	486	87736	15.44	19.78	
	17	Chimbo	4402	7573	54030	14.1	20.38	
	18	Chambo	4459	2017	97104	20.63	27.13	
	19	Tambo	5110	409	164376	15.81	19.83	
	20	El Ángel	6325	13734	14352	14.469	18.551	
	21	Alausí	6349	11214	362340	27.14	35.31	
	22	Palora	6936	49414	84714	9.72	14.35	
	23	Píllaro	7441	2283	720000	9.98	13.16	
	3	24	Huamboya	8466	2374	18954	11.48	19.45
		25	S. Méndez	9295	3254	39879	20.57	33.61
		26	Limón Indanza	9722	2468	210084	18.92	27.17
		27	Pelileo	10127	1023	864000	19.15	29.9
28		Pallatanga	11544	11544	234471	21.89	38.6	
29		Juan Montalvo	12000	6000	502992	15.97	19.29	
30		Pedro Vicente Maldonado	12924	12924	105581	15.94	20.15	
31		Baños	12992	5469	864000	19.96	26.75	



	32	Cañar	13407	4404	159840	18.22	24.38
	33	Puembo	13593	2377	277732	27.06	33.25
	34	S.M. Urcuqui	15671	6000	396006	11.396	15.302
	35	Machachi	16515	1500	591937	19.87	24.52
	36	Puerto Quito	20445	2513	160589	23.63	32.21
	37	Tena	23307	6820	357966	38.87	57.53
	38	Guaranda	23874	38118	782598	15.17	20.03
	39	Catamayo	24413	24413	504450	18.44	30.18
	40	Pomasqui	28910	6420	816311	18.65	26.33
	41	Amaguaña	31106	4507	540589	19.33	22.86
	42	Cumbayá	31463	7700	941286	27.07	36.08
	43	Puyo	33557	633	852539	24.25	31.52
	44	Troncal	35251	7645	508558	15.21	22.69
<b>4</b>	45	Morona	41155	4440	946625	17.64	23.51
	46	Antonio Ante	43518	2013	660000	16.94	26.12
	47	Tumbaco	49944	9485	1170015	22.68	32.37
	48	Latacunga	63842	2023	1375482	23.41	33.05
	49	Azogues	70064	12279	1614096	20.79	25.71
	50	Riobamba	146324	505	1613358	17.58	20.77
<b>5</b>	51	Ibarra	181175	367	3357491	16.08	19.55
	52	Loja	214855	50916	3953278	18.02	20.85

**Elaborado por:** Autor

Después de realizar el análisis de los datos, que habían sido previamente clasificados en cinco rangos demográficos, se calculó el valor mínimo, promedio y máximo del coeficiente Kd para cada uno de ellos. Además, se evaluó la desviación estándar de estos valores para visualizar y comprender la variabilidad existente en los datos, la siguiente tabla muestra los resultados.

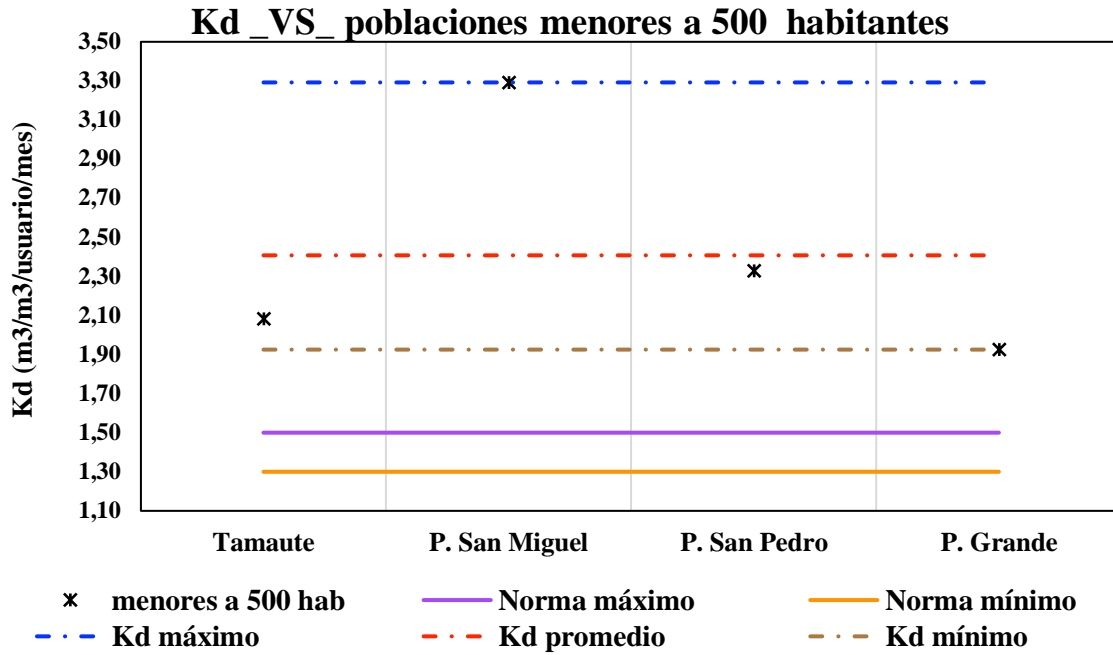
**Tabla 7**

*Tabla 7. Resultados análisis demográficos*

<b>Rangos</b>	<b>Kd mínimo</b>	<b>Kd promedio</b>	<b>Kd máximo</b>	<b>Desviación Estandar</b>
<b>Rango 1</b>	1.93	2.41	3.29	0.61
<b>Rango 2</b>	1.18	1.42	1.78	0.16
<b>Rango 3</b>	1.21	1.43	1.76	0.17
<b>Rango 4</b>	1.18	1.34	1.54	0.12
<b>Rango 5</b>	1.16	1.19	1.22	0.04

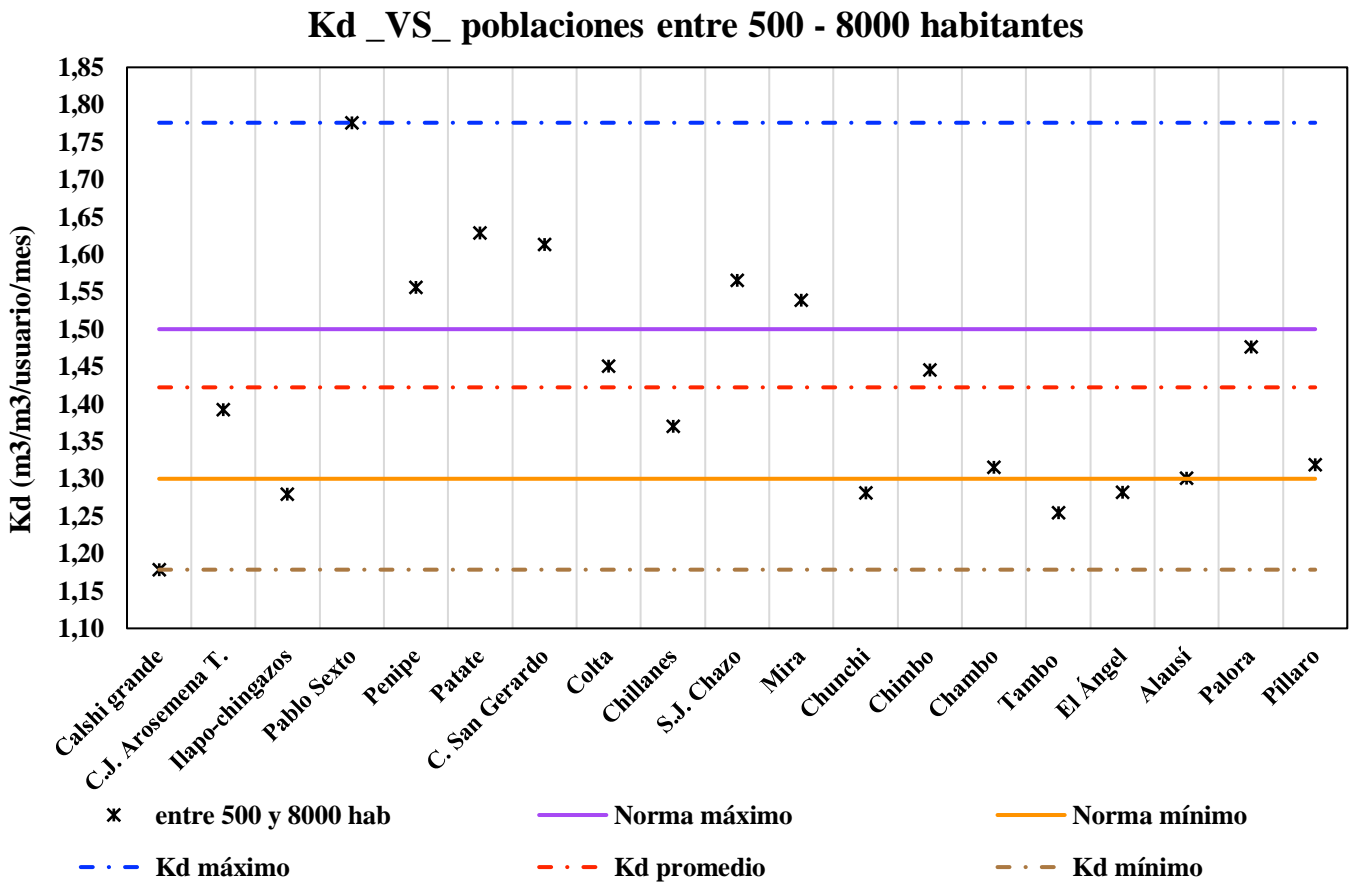
**Elaborado por:** Autor

Se han utilizado las tablas de resultados que incluyen los valores de Kd y las desviaciones estándar correspondientes en cada rango demográfico. A partir de esta información, se han creado gráficos de dispersión con el objetivo de visualizar de manera más clara y detallada cómo se distribuyen y relacionan. Estas gráficas de dispersión nos permiten comprender de manera más profunda las tendencias y variaciones dentro de cada grupo demográfico.



*Ilustración 7. Gráfico de Dispersión Rango 1*

Elaborado por: Autor



*Ilustración 8. Gráfico de Dispersión Rango 2*

Elaborado por: Autor

### Kd\_VS\_ poblaciones entre 8000 - 30000 habitantes

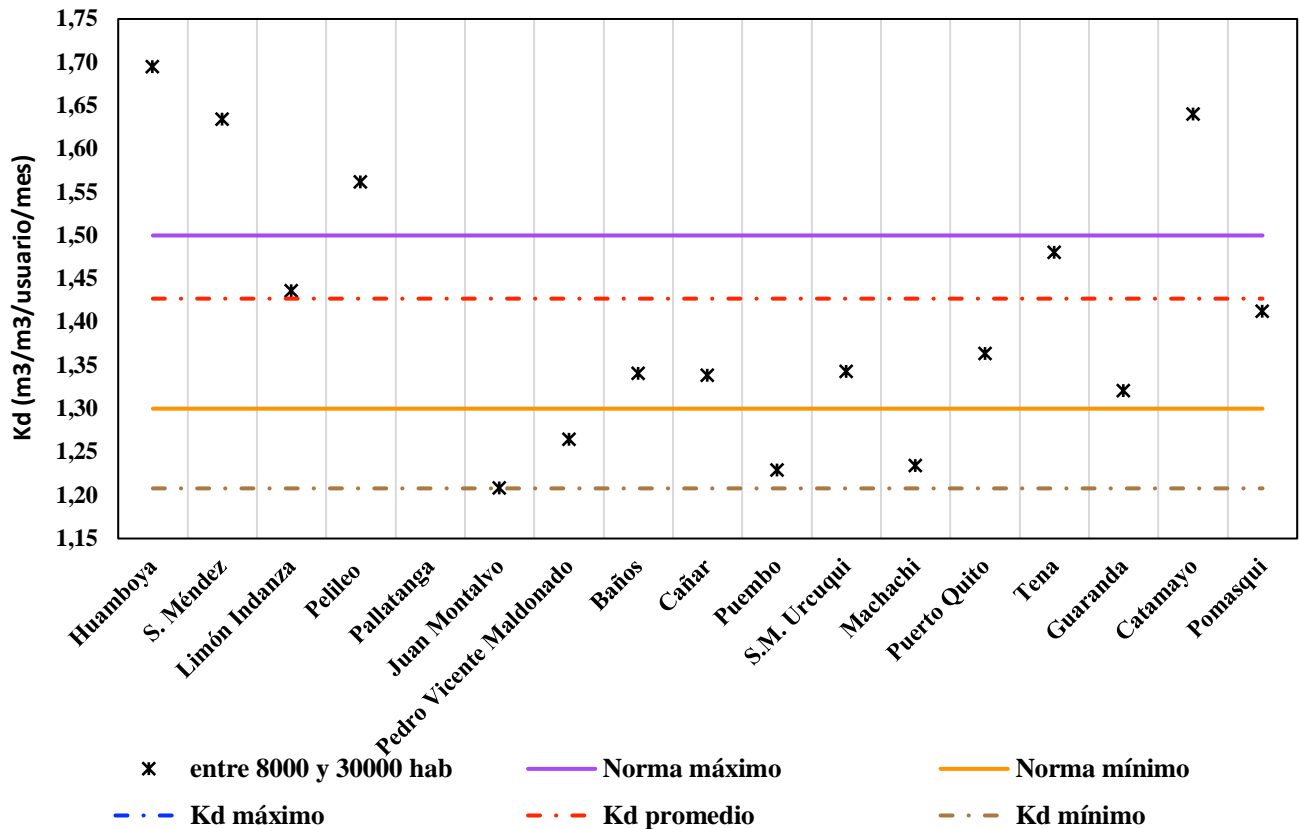


Ilustración 9. Gráfico de Dispersión Rango 3

Elaborado por: Autor

### Kd\_VS\_ poblaciones entre 30000 y 150000 habitantes

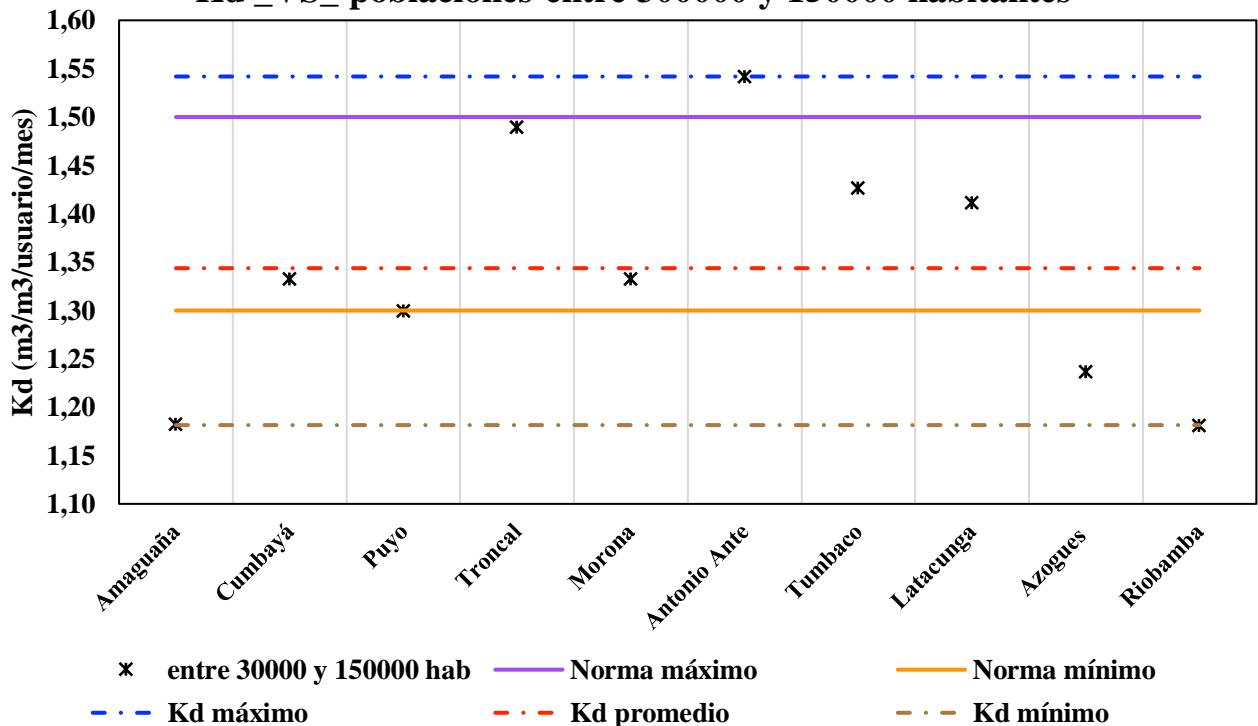


Ilustración 10. Gráfico de Dispersión Rango 4

Elaborado por: Autor

### Kd \_VS\_ poblaciones mayores a 150000 habitantes

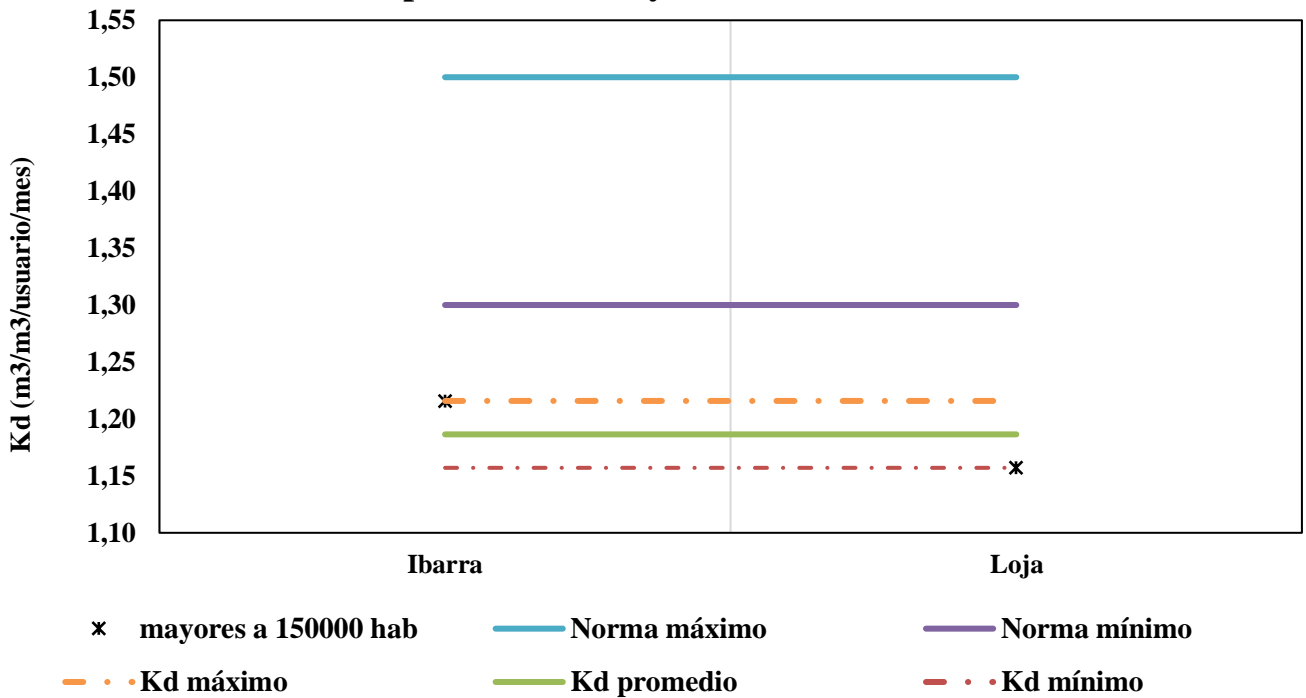


Ilustración 11. Gráfico de dispersión rango 5

Elaborado por: Autor

### Variaciones de Kd según rangos de población

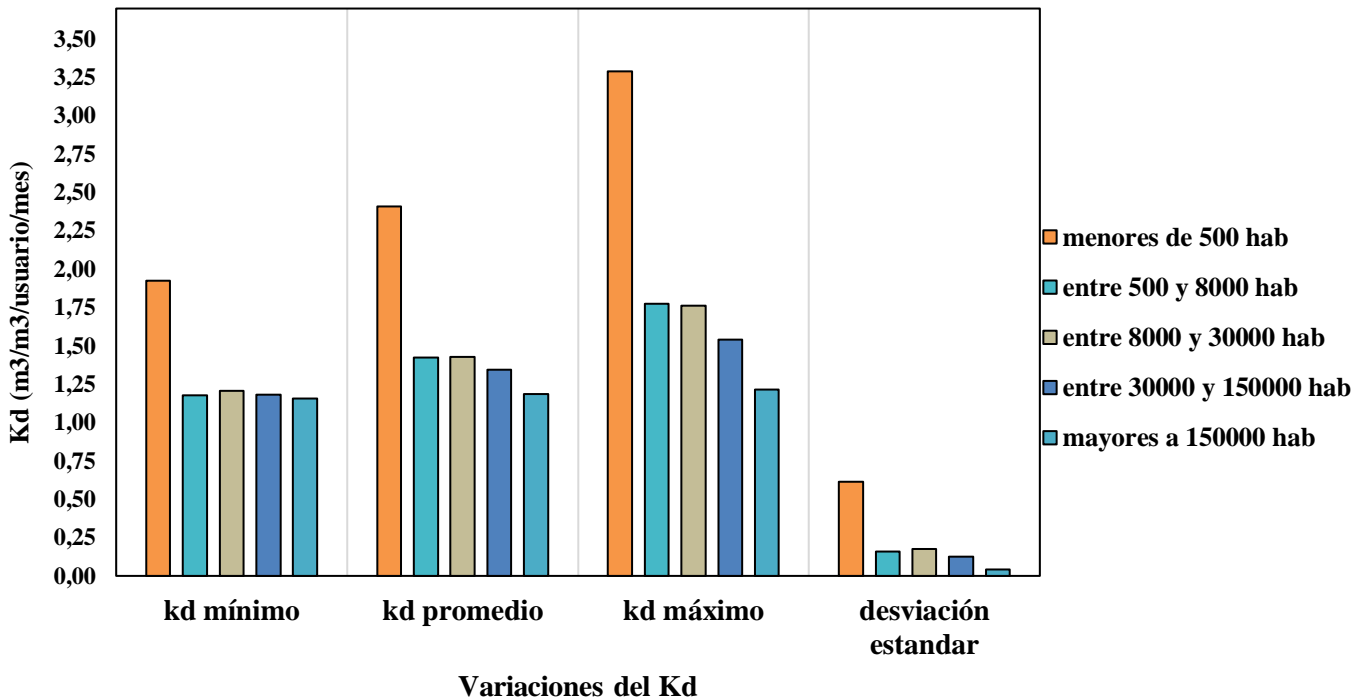


Ilustración 12. Gráfica de comparación de variación de Kd

Elaborado por: Autor

## 4.2 Análisis de ANOVA y Test de Tukey

Dado que se observó una similitud significativa a simple vista en los valores de la desviación estándar en ciertos rangos, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA).

A continuación, se muestra la tabla de resultados.

- **GL:** son los grados de libertad.
- **SC Ajust:** es la suma ajustada de cuadrados.
- **MC Ajust:** es el cuadrado medio ajustado.
- **Valor F:** es la variación entre las medidas de muestras/variación en las
- muestras.
- **Valor p:** es el nivel de significancia.

**Tabla 8**

*Tabla 8. Análisis de Varianzas*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Factor	4	3,908	0,97699	20,90	0,000
Error	47	2,198	0,04676		
Total	51	6,106			

**Elaborado por:** Autor

Como el valor p resultó ser menor que el nivel de significancia predefinido, se opta por aceptar la hipótesis alternativa, que sugiere que al menos uno de los valores difiere significativamente de los demás. En consecuencia, se procede a realizar la prueba de Tukey.

**Tabla 9**

*Tabla 9. Intervalos de confianza IC de 95%*

<b>Factor</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>IC de 95%</b>
Rango 1	4	2,407	0,613	(2,190. 2,625)
Rango 2	19	1,4222	0,1578	(1,3224. 1,5220)
Rango 3	17	1,4271	0,1737	(1,3216. 1,5326)
Rango 4	10	1,3437	0,1239	(1,2061. 1,4813)
Rango 5	2	1,1864	0,0415	(0,8788. 1,4940)

**Elaborado por:** Autor

En la tabla 9 se puede visualizar que el rango uno es el único que su intervalo no se traslapa. Como consecuencia de las Comparaciones en Parejas de Tukey, realizadas con un nivel de confianza del 95% y empleando el método de agrupación de información de Tukey, se ha generado la siguiente tabla:

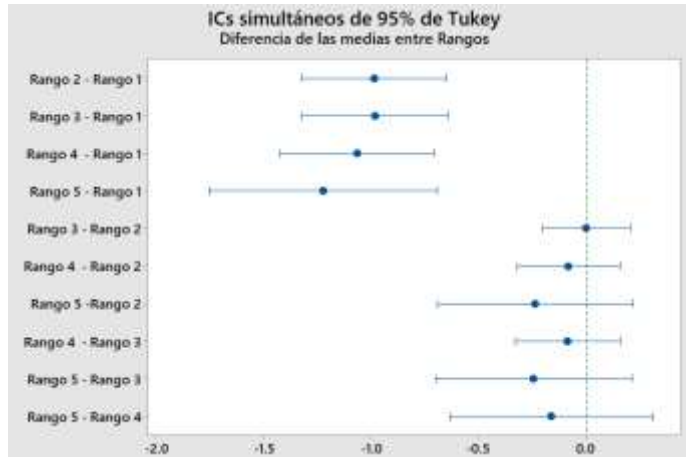
**Tabla 10**

*Tabla 10. Comparación de parejas Tukey*

<b>Factor</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
Rango 1	4	2,407	A
Rango 3	17	1,4271	B
Rango 2	19	1,4222	B
Rango 4	10	1,3437	B
Rango 5	2	1,1864	B

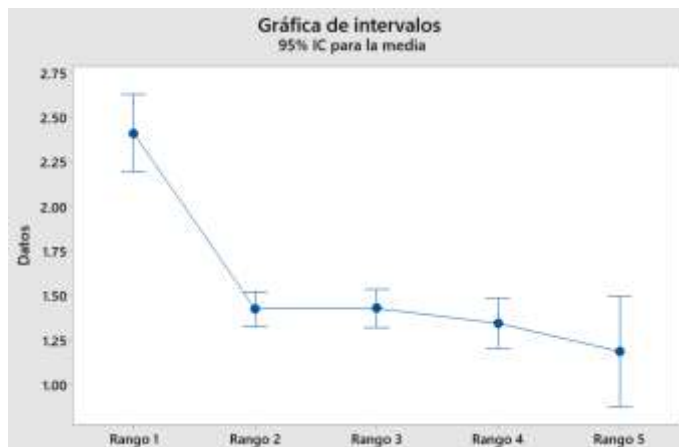
**Elaborado por: Autor**

Se demuestra a través de la gráfica de 95% de índice de confianza que los intervalos que no contienen cero, representada con la línea verde en la ilustración 13, son significativamente diferentes, mientras que todas las que contienen cero no son significativamente diferentes, lo que representa al grupo B.



*Ilustración 13. Gráfica del Índice de confianza de 95% de Tukey*

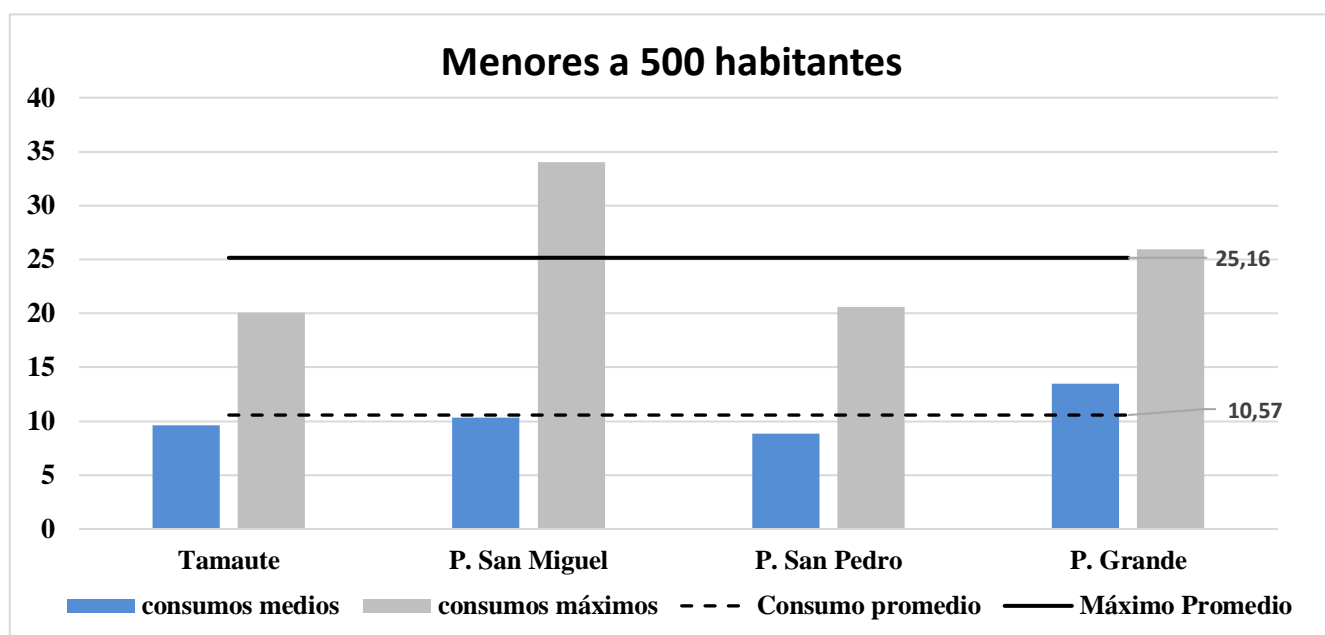
**Elaborado por: Autor**



*Ilustración 14. Gráfica de intervalos con 95% IC Tukey*

**Elaborado por: Autor**

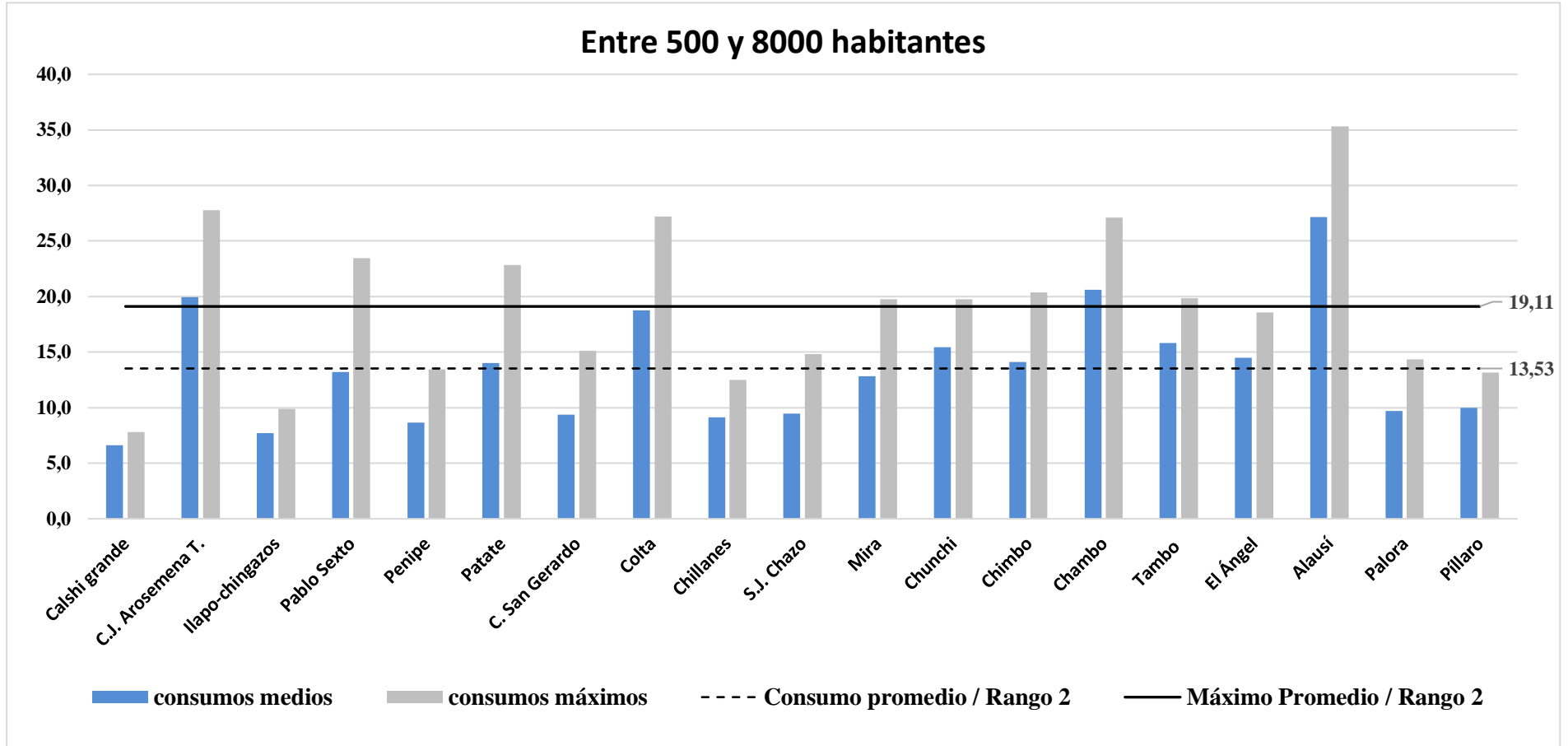
Se ha realizado el análisis de consumos promedios máximos según su rango demográfico, lo cual se expone a través de las siguientes ilustraciones



*Ilustración 15. Consumos Rango 1*

**Elaborado por:** Autor

En la ilustración 15, se muestra el Rango 1 con un consumo promedio máximo de 25.16 m<sup>3</sup> y un promedio de consumo medio de 10.57 m<sup>3</sup>.

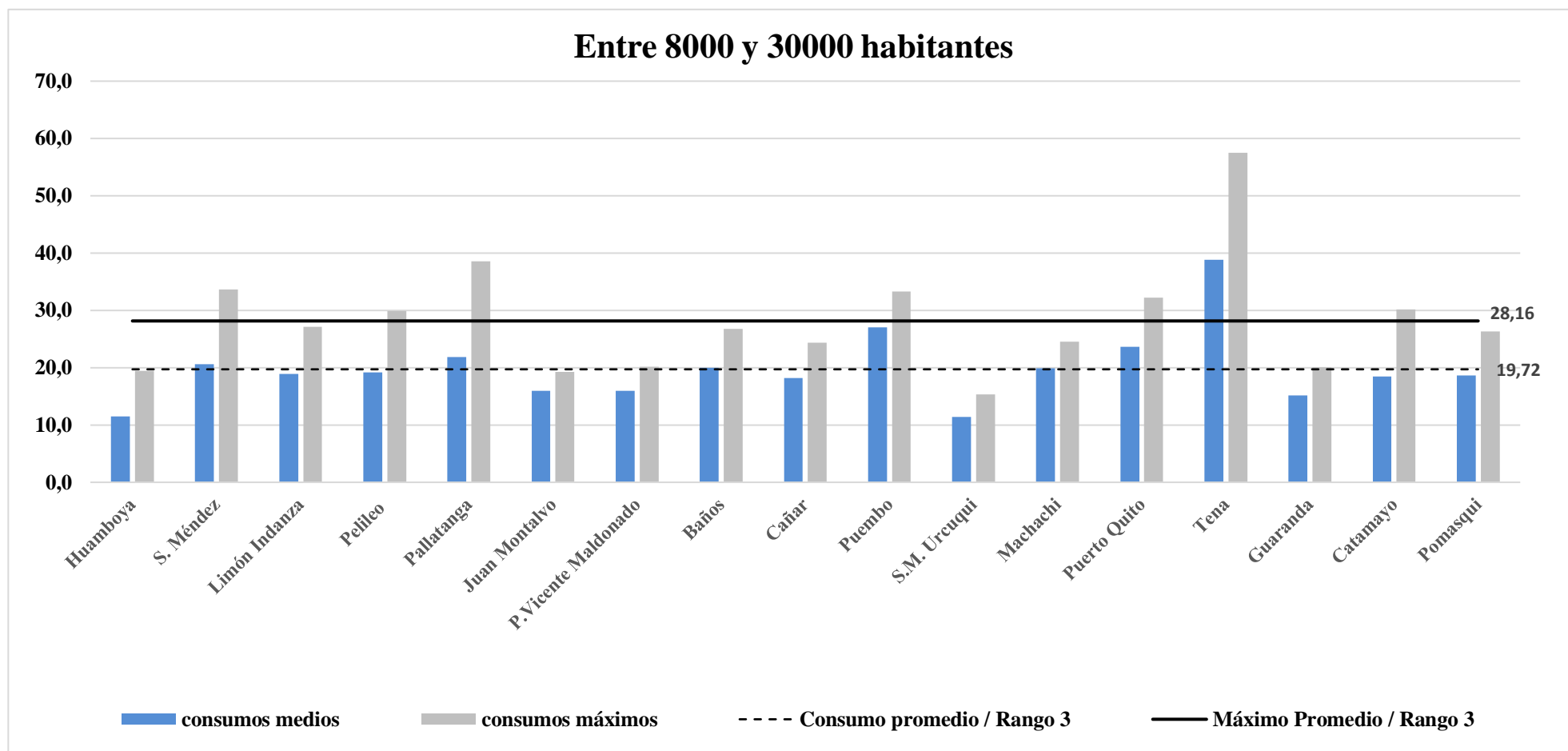


*Ilustración 16. Consumos Rango 2*

**Elaborado por:** Autor

En la ilustración 16, se representa el Rango 2 con un consumo promedio máximo de 19.11 m<sup>3</sup> y un promedio de consumo medio que alcanza 13.53 m<sup>3</sup>. También se puede observar el poblado con más consumo teniendo a Alausí con un pico más alto.

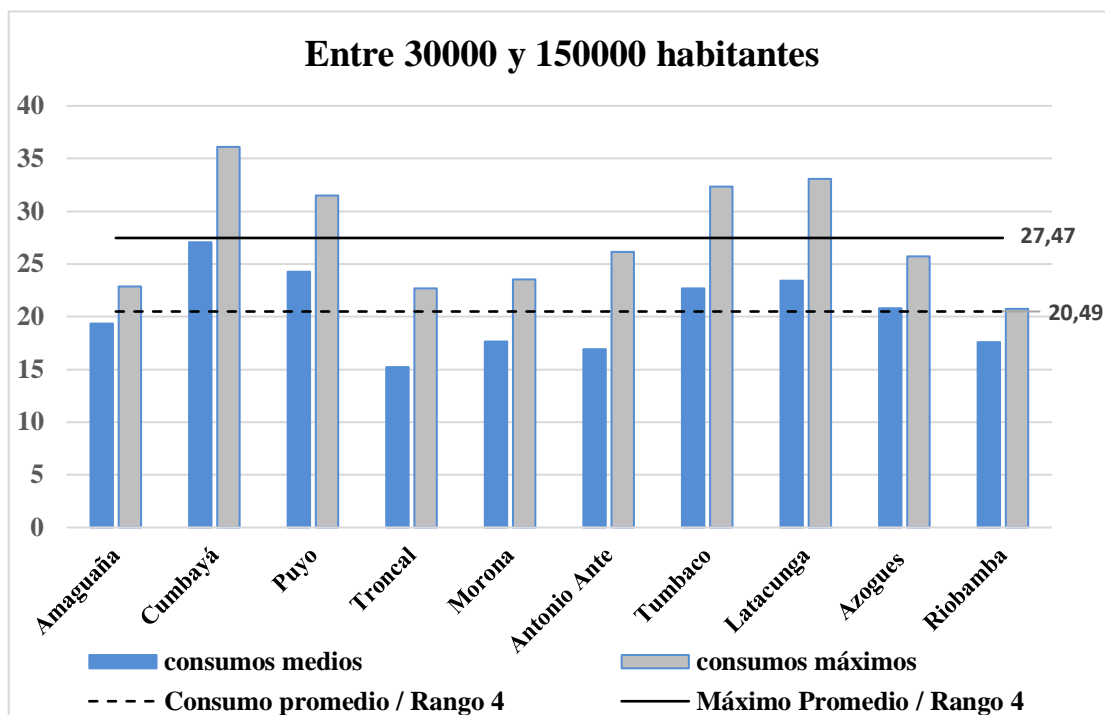




*Ilustración 17. Consumos Rango 3*

**Elaborado por:** Autor

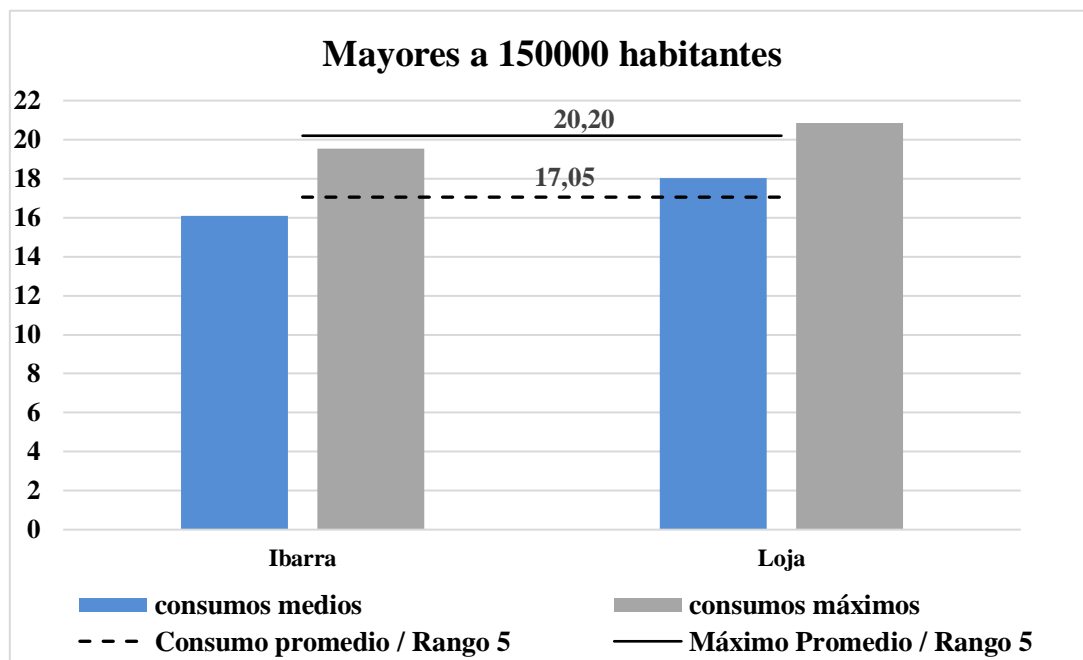
En la Ilustración 17, se presenta el tercer rango, donde se registra un consumo promedio máximo de 28.16 m<sup>3</sup> y un promedio de consumo medio de 19.72 m<sup>3</sup>. Asimismo, se nota que el poblado con el mayor nivel de consumo es Tena, con un pico más elevado en comparación con los demás.



*Ilustración 18. Consumos Rango 4*

**Elaborado por:** Autor

En la Ilustración 18, se exhibe el cuarto rango, donde se detalla un consumo promedio máximo de 27.47 m<sup>3</sup> y un promedio de consumo medio de 20.49 m<sup>3</sup>. Del mismo modo, se evidencia que Cumbayá sobresale como el poblado con el consumo más alto, superando significativamente a los demás.



*Ilustración 19. Consumos Rango 5*

**Elaborado por:** Autor

Por último, en la Ilustración 19, se presenta el cuarto grupo, en el cual se describe un consumo promedio máximo de 20.20 m<sup>3</sup> y un promedio de consumo medio de 17.05 m<sup>3</sup>.

### **4.3 Discusión**

La presente investigación se enfocó en actualizar el coeficiente de variación de consumo máximo diario de agua potable (Kd) de la norma ecuatoriana CPE INEN 5, la cual establece un rango de 1.3 a 1.5, pero que se encuentra desactualizada. Esto se logró mediante un análisis exhaustivo que consideró tanto la geografía como la demografía de 65 poblados ecuatorianos. Los resultados obtenidos proporcionan una visión más precisa de la variabilidad en el consumo de agua y tienen implicaciones importantes para el diseño de redes de suministro de agua potable.

Al recopilar y organizar los datos de consumo máximo diario de agua potable de todos los poblados ecuatorianos, se pudo establecer tendencias significativas entre los datos primarios y los no válidos, lo cual permitió crear una base de datos más confiable para el análisis. Uno de los hallazgos clave fue la identificación y eliminación de datos atípicos, utilizando el test de cajas y bigotes, reduciendo la variabilidad y mejorando la precisión de los resultados.

Además, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) en términos demográficos para evaluar si las desviaciones estándar de cada rango eran estadísticamente iguales o significativamente diferentes. Esto ayudó a establecer una comprensión más clara de las diferencias en el resultado del coeficiente de variación en función de la demografía, revelando que los poblados más pequeños, como aquellos del Rango 1 con menos de 500 habitantes, tenían un Kd significativamente diferente en comparación a los rangos más grandes.

Los valores de Kd obtenidos en esta investigación revelan una variabilidad significativa con respecto a los establecidos por la norma. En la región Sierra, el Kd promedio fue de 1.45, alineándose con el límite superior de la norma CPE INEN (1.3 – 1.5), pero con un Kd máximo de 2.23, mucho mayor que el rango permitido por la norma. Esto indica que, en ciertas zonas, el consumo de agua fluctúa de manera considerable, sugiriendo que el rango normativo debería ser revisado y ampliado para reflejar estas variaciones.

En la región Amazónica, el Kd promedio fue 1.54, ya superando el límite máximo de la norma vigente. El Kd mínimo en esta región fue de 1.38 y el Kd máximo alcanzó 1.69, lo que sugiere que en zonas con características geográficas particulares, como la Amazonía, los coeficientes de variación son inherentemente más altos. Estos valores subrayan la necesidad de considerar actualizar las normativas ecuatorianas.

Los resultados indican que la región Amazónica en relación a la región Sierra presentan mayor variabilidad en el consumo de agua con un Kd promedio de 1.54 y 1.45 respectivamente. Estas diferencias se deben a factores como la geografía que deben considerarse al planificar el suministro de agua en estas regiones. Un ejemplo concreto es Pallatanga, en la Sierra, donde se identificó un pico de consumo máximo de 38.6 m<sup>3</sup>, que

alcanzó un Kd de 2.23, lo que resalta la importancia de adaptar las redes de abastecimiento a las características locales.

El análisis por rangos demográficos revela diferencias notables en los valores Kd. En el rango 1, el promedio fue de 2.41, con un Kd máximo de 3.29. Este valor es más del doble del rango propuesto por la norma, lo que sugiere que las poblaciones más pequeñas experimentan una mayor variabilidad en el consumo de agua. La desviación estándar de 0.61 en este rango también es la más alta, indicando una considerable dispersión en los valores de consumo

En contraste, en el Rango 5, el kd promedio fue de 1.19, muy por debajo del límite inferior de la norma, lo que sugiere una mayor estabilidad en el consumo de agua en las ciudades más grandes. El Kd máximo en este rango fue de solo 1.22, con una desviación estándar de 0.04, lo que refleja una menor variabilidad en las poblaciones densamente pobladas.

Estos resultados son coherentes con investigaciones previas, como la de Arellano et al., (2018), que encontró que la demografía influye en el consumo de agua potable. En general, las poblaciones más grandes tienden a consumir más agua de manera estable, mientras que las poblaciones más pequeñas presentan una mayor variabilidad en su consumo. Esto es importante porque señala que no solo la ubicación geográfica influye en el consumo de agua, sino que también aspectos demográficos y socioeconómicos desempeñan un papel crucial en la demanda de agua potable.

En términos de planificación, estos coeficientes de variación actualizados permiten a las autoridades y planificadores anticipar con mayor precisión las demandas de agua potable en diferentes circunstancias geográficas y demográficas. Los valores de Kd obtenidos son significativamente más altos que los estipulados por la norma en ciertas regiones o rangos demográficos, lo que sugiere la necesidad de ajustar las normativas para reflejar con mayor precisión las condiciones actuales del país.

La información actualizada contribuye de manera significativa al proyecto “Determinación de la variación de consumos de agua potable en ciudades menores a 150,000 habitantes del Ecuador”. Asimismo, la actualización periódica de estos valores permitirá un uso más eficiente y sostenible del recurso hídrico, garantizando que los sistemas de abastecimiento de agua sean confiables y adaptables a las necesidades de las comunidades.

## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

El presente trabajo ha logrado una actualización fundamental del coeficiente de variación del consumo máximo diario de agua potable  $K_d$  en el contexto ecuatoriano. Los valores de  $K_d$ , determinan mediante un análisis exhaustivo de datos históricos de consumo de agua potable en 65 poblados, han sido estratificados tanto por características geográficas como demográficas. Este enfoque integral proporciona una base sólida para una planificación más precisa y adaptada del suministro de agua para las diversas poblaciones y regiones de Ecuador.

Se realizó un análisis de los datos utilizando técnicas estadísticas como el test de cajas y bigotes en Minitab, lo cual permitió identificar y eliminar los datos atípicos, garantizando así la validez de los valores de  $K_d$  obtenidos. Posteriormente, se aplicó el test de Tukey para realizar un análisis de varianzas entre los diferentes  $K_d$  y así establecer rangos precisos, que reflejen las características geográficas y demográficas de las poblaciones analizadas. Los resultados muestran que el consumo máximo diario de agua potable varía significativamente dependiendo la región y el tamaño de la población.

En términos geográficos, los valores promedios de  $K_d$  fueron diferentes en las regiones estudiadas, siendo de 1.45 en la región Sierra y 1.54 en la región Amazónica. Por otro lado, el análisis demográfico reveló variaciones importantes: en el Rango 1, el  $K_d$  promedio fue de 2.41, lo que indica una mayor variabilidad en el consumo diario, mientras que en los Rangos 2, 3, 4 y 5, los valores promedios fueron de 1.42, 1.43, 1.34 y 1.19, respectivamente, lo que sugiere una mayor estabilidad en el consumo de estos últimos.

Estos resultados no solo ofrecen una visión más precisa y actualizada del consumo máximo diario de agua potable en Ecuador, sino que también subrayan la importancia de considerar la demografía y la geografía en la planificación de infraestructuras hidráulicas. La información estratificada obtenida será de gran utilidad para las autoridades y planificadores, permitiendo anticipar de manera más precisa las demandas de agua potable y tomar decisiones informadas para una gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico.

## **5.2 Recomendaciones**

Dada la importancia de la ubicación geográfica y la demografía en el consumo de agua potable, se recomienda continuar monitoreando y actualizando regularmente los coeficientes de variación  $K_d$  de las regiones analizadas. Así mismo, la recopilación de información sobre poblados en otras regiones como la región Insular y Costa, para garantizar que los datos utilizados para la planificación sean siempre precisos.

Se sugiere realizar investigaciones adicionales que exploren más a detalle los factores socioeconómicos y culturales que pueden influir en el consumo de agua potable en Ecuador. Comprender mejor estos factores permitirá una planificación efectiva.

Se recomienda un análisis de consumos mensuales demográficos o geográficos para entender la demanda de agua y así poder promover el uso responsable de este líquido vital, es importante llevar a cabo campañas de concientización pública en diferentes regiones, especialmente en aquellas donde existe niveles altos de consumo. Estas campañas pueden educar a la población sobre la importancia de conservar el agua y adoptar prácticas de uso eficiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARCA. (2019). *AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN EL ECUADOR* Agencia de Regulación y Control del Agua *BOLETÍN ESTADÍSTICO*. 30–31.  
[http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/12/Boletin-Estadistico-APS\\_dic21\\_v02.pdf](http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/12/Boletin-Estadistico-APS_dic21_v02.pdf)
- 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. *Novasineria Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 1(1), 23–32. <https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.01.03>
- Cárdenas, J. D. L., & Patiño, G. F. E. (2010). *Universidad de Cuenca Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil*. 206.  
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/725/1/ti853.pdf>
- CPE, I. (1992). Instituto Ecuatoriano de Normalización. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1338-3.pdf>
- INEN, N. (1992). Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 25–26.
- Mancheno Corral, A. C. (2020). *Estimación de la huella hídrica personal y sus implicaciones socioeconómicas en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Quito año 2019*. 1–87.
- Mora, M. (2012). *Universidad Del Azuay Facultad De Ciencia Y Tecnología*.
- Ojeda-De La Cruz, A., Quintana-Pacheco, J., & García-Arvizu, F. (2016). Un estudio del consumo de agua residencial urbana: El caso de Hermosillo, sonora. *Bitacora Urbano Territorial*, 26(1), 111–119. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v26n1.43134>
- Ramírez Mosquera, M., Guerrero Erazo, J. G., & Ramírez del Río, D. (2019). Factores determinantes en el consumo residencial de agua potable en acueductos urbanos caso estudio ciudad de Popayán, Colombia. *Scientia et Technica*, 24(2), 321.  
<https://doi.org/10.22517/23447214.22111>
- Rozas Balbontín, P. (2011). *División de Recursos Naturales e Infraestructura Universalización del acceso a los servicios de agua y saneamiento: problemas de un desafío pendiente*. 1–16.
- Varela, A., & Ron, S. (2018). *Geografía y clima del Ecuador*. Pontificación Universidad Católica Del Ecuador.
- Zúñiga, M. G., Izurieta, C., & Arellano, A. (2023). Análisis comparativo entre los consumos de agua potable históricos y los de la Pandemia COVID-19 en Ecuador. *Novasineria Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 6(2), 46–61.  
<https://doi.org/10.37135/ns.01.12.03>