



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Estudio del coeficiente de consumo horario residencial de agua potable en la
ciudad de Patate

Trabajo de Titulación para optar al título de
Ingeniería Civil

Autor:

Veloz Mena, Daniel Sebastián

Tutor:

Ing. María Gabriela Zúñiga MSc.

Riobamba, Ecuador. 2026

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Daniel Sebastián Veloz Mena, con cédula de ciudadanía 1850016492, autor (a) del trabajo de investigación titulado: **“ESTUDIO DEL COEFICIENTE DE CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE PATATE”**, 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 de 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, a los 10 días del mes de julio de 2026.



Daniel Sebastián Veloz Mena

C.I: 1850016492

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Ing/Mgs. María Gabriela Zúñiga Rodríguez catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación “ESTUDIO DEL COEFICIENTE DE CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE PATATE”, bajo la autoría de Daniel Sebastián Veloz Mena; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 6 días del mes de julio de 2026



Ing. María Gabriela Zúñiga MSc.

TUTOR(A)

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **"ESTUDIO DEL COEFICIENTE DE CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE PATATE"** por **Daniel Sebastián Veloz Mena**, con cédula de identidad número **1850016492**, bajo la tutoría de **Ing. Mgs, María Gabriela Zúñiga Rodríguez**; 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 a los 10 días del mes de julio de 2026.

PhD. Guillermo Edvin Machado Sotomayor
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



MSc. Jéssica Paulina Brito Noboa
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



MSc. Luis Felipe Pacheco Logroño
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



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

CERTIFICACIÓN

Que, **VELOZ MENA DANIEL SEBASTIÁN** con CC: **1850016492**, estudiante de la Carrera **INGENIERIA CIVIL**, Facultad de **INGENIERIA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**ESTUDIO DEL COEFICIENTE DE CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE EN EL CANTÓN QUERO**", cumple con el 4 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO MAGISTER+**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 19 de mayo de 2026

Ing. María Gabriela Zúñiga MSc.
TUTOR(A)

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a mi madre, Marianela Mena, por ser mi mayor guía y fortaleza en la vida. Gracias por darme la fuerza y la bendición necesarias para continuar este camino, y por recordarme siempre que soy capaz de cumplir todo lo que me proponga.

A mis hermanos, Andrés y Mare, por ser mis compañeros y principales apoyos a lo largo de todo este proceso. Gracias por brindarme su ayuda y cariño en los momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento a mi familia por brindarme fortaleza, apoyo incondicional, paciencia y motivación constante. Gracias por ser mi guía constante y mi mayor ejemplo, motivándome a seguir superándome y avanzando en mi formación. Son las tres personas que espero nunca se alejen de mi vida.

A mis docentes y tutores, por compartir sus conocimientos, experiencias y consejos; en especial, a la Ing. María Gabriela Zúñiga, por su paciencia y guía durante el desarrollo de este trabajo. Sus observaciones y recomendaciones contribuyeron de manera significativa a mi crecimiento académico y profesional.

A mis amigos más cercanos, por los momentos compartidos, el apoyo mutuo y las experiencias vividas durante este proceso; en especial, a Kevin Herrera, por su paciencia y colaboración de principio a fin en el desarrollo de esta investigación. Gracias por todo su apoyo y por la confianza depositada en mí durante la consecución de esta meta.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este trabajo y me acompañaron durante mi formación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

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 FIGURAS
ÍNDICE DE ANEXOS
RESUMEN
ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	17
1.1 GENERALIDADES	17
1.2 ZONA DE ESTUDIO.....	17
1.3 ANTECEDENTES	21
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	23
1.5 Objetivos.....	24
1.5.1 Objetivo general	24
1.5.2 Objetivos específicos.....	24
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	25
2.1 Agua Potable.....	25
2.2 Consumo de agua.....	25
2.3 Factores que influyen en el consumo de agua	26
2.4 Demanda y dotación	26
2.5 Variaciones de consumo	27

2.6	Caudal medio anual diario	27
2.7	Coeficiente de consumo máximo diario	28
2.8	Coeficiente de consumo máximo horario	28
2.9	Curva de consumo horario.....	28
2.10	Estado del Arte	28
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.		30
3.1	Tipo de investigación.....	30
3.2	Esquema metodológico.....	30
3.3	Población	31
3.4	Tamaño de muestra.....	31
3.5	Caracterización urbanística.....	32
3.6	Caracterización socioeconómica	34
3.7	Delimitación para la toma de datos	36
3.8	Toma de datos de medidores	37
3.9	Medidores de agua estudiados	38
3.10	Tabulación y procesamiento de datos.....	39
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....		46
4.1	Factores que inciden en el consumo de agua potable	46
4.1.1	Estratificación.....	46
4.1.2	Cantidad de usuarios	46
4.1.3	Unidades Sanitarias	47
4.1.4	Unidades de almacenamiento	48
4.1.5	Calidad del Agua	49

4.2	Curvas de consumo horario residencial	50
4.3	Comparativa de coeficientes de máximo consumo horario	53
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN.....		55
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		56
6.1	Conclusiones.....	56
6.2	Recomendaciones	57
REFERENCIAS.....		58
ANEXOS.....		61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Tabla de vocaciones principales de las parroquias de Patate.</i>	20
Tabla 2 <i>Clasificación del nivel de acceso al agua y riesgo sanitario.</i>	25
Tabla 3 <i>Dotaciones recomendadas.</i>	27
Tabla 4 <i>Resultado de la Caracterización urbanística en la ciudad de Patate.</i>	33
Tabla 5 <i>Ponderación de muestras por estrato para la ciudad de Patate.</i>	34
Tabla 6 <i>Encuesta socioeconómica para la caracterización de consumo de agua potable.</i>	35
Tabla 7 <i>Comparativa entre la muestra planificada frente a la muestra efectiva.</i>	37
Tabla 8 <i>Cuadro de unidades y marcas de medidores de muestra.</i>	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación de la zona de estudio con respecto a Ecuador.....	18
Figura 2	Vista satelital de Patate (zona de estudio).....	19
Figura 3	Mapa de ubicación de la cabecera cantonal de Patate.....	20
Figura 4	<i>Unidades Hidrográficas del cantón Patate</i>	22
Figura 5	<i>Curva de variación horaria de la demanda de agua potable</i>	28
Figura 6	<i>Esquema metodológico de trabajo de investigación</i>	30
Figura 7	<i>Número mínimo de muestras</i>	31
Figura 8	<i>Fragmento del mapa enumerado y dividido de la parroquia Patate</i>	32
Figura 9	<i>Encuesta socioeconómica modelo digital</i>	36
Figura 10	<i>Mapa de ubicación de las muestras por estrato en Patate</i>	37
Figura 11	<i>Ficha para medición de consumo con base en medidores residenciales</i>	38
Figura 12	<i>Código usado para cada muestra</i>	40
Figura 13	<i>Curva de consumo horario residencial guía con medidores de litros, Patate</i>	40
Figura 14	<i>Tabla de consumos por hora en litros, código C13M12</i>	41
Figura 15	<i>Gráfico de dispersión de puntos del consumo de agua potable, Patate</i>	41
Figura 16	<i>Gráfico de dispersión de puntos del consumo de agua potable, estrato A</i>	42
Figura 17	<i>Gráfico de dispersión de puntos del consumo de agua potable, estrato B</i>	42
Figura 18	<i>Gráfico de dispersión de puntos del consumo de agua potable, estrato C</i>	43
Figura 19	<i>Gráfico de dispersión de puntos del consumo de agua potable, estrato D</i>	43
Figura 20	<i>Gráfico de cajas y bigotes de la ciudad de Patate, datos atípicos ocultos</i>	44
Figura 21	<i>Curva de consumo horario residencial solo con los datos Q3 de la parroquia de Patate</i>	45

Figura 22 <i>Porcentaje de manzanas estratificadas en Patate.</i>	46
Figura 23 <i>Promedio de usuarios en Patate.</i>	47
Figura 24 <i>Promedio de unidades sanitarias por vivienda.</i>	48
Figura 25 <i>Unidades de almacenamiento en los edificios residenciales de Patate.</i>	49
Figura 26 <i>Calidad del servicio de agua potable.</i>	50
Figura 27 <i>Curva de consumo horario residencial de Patate.</i>	51
Figura 28 <i>Curva de consumo horario residencial por estratos.</i>	52
Figura 29 <i>Curva de consumo horario residencial, correlación 1.</i>	52
Figura 30 <i>Curva de consumo horario residencial, correlación 2.</i>	53
Figura 31 <i>Coeficiente de consumo máximo (K_h max), para Patate.</i>	54
Figura 32 <i>Curva de modulación horaria (K_h), cantón Patate.</i>	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Evidencia fotográfica del proceso de toma de datos en campo.</i>	61
Anexo 2 <i>Tabla de clasificación de manzanas residenciales para la ciudad de Patate.</i>	61
Anexo 3 <i>Clasificación socioeconómica por vivienda, muestra C9M51.</i>	62
Anexo 4 <i>Curva de consumo horario para el estrato A.</i>	62
Anexo 5 <i>Curva de consumo horario para el estrato B.</i>	63
Anexo 6 <i>Curva de consumo horario para el estrato C.</i>	63
Anexo 7 <i>Curva de consumo horario para el estrato D.</i>	64
Anexo 8 <i>Plano del catastro trazado de la ciudad de Patate.</i>	64

RESUMEN

Hoy en día el manejo y gestión del agua potable en el país se ha mantenido con pocos y ligeros cambios con respecto a anteriores años, en ocasiones, dejando de lado revisiones y actualizaciones de información necesarias para efectuar: acciones, diseños y decisiones con respecto al recurso hídrico o factores poblacionales que puedan estar afectando al mismo. Manteniendo planes de diseño antiguos, los cuales, están dados en base a rangos obsoletos presentados por la normativa impuesta años atrás, dejando de lado la importancia que pueden tener ciertos factores con respecto al consumo hídrico. La presente investigación tiene como finalidad la obtención de curvas de consumo horario residencial en el cantón Patate, al igual que identificar y relacionar diversos factores urbanísticos, socioeconómicos e hidráulicos que puedan influir el consumo horario residencial. La investigación se realizó mediante la ayuda de encuestas elaboradas a diversas familias residentes del lugar, obtención y procesamiento de datos de consumo por medio de medidores de agua en un rango de 24 horas por 7 días. Con la curva de consumo horario se evidenció un rango de consumo elevado de 13h00 a 14h00 en los estratos A, B, C y D, con un pico máximo de 120.09 l/h, también se presentó un coeficiente de consumo horario máximo calculado con un valor de 2.92, el cual podría ser apropiado para futuros diseños en la parroquia de Patate. Todos los resultados presentados en este trabajo de investigación se han presentado de manera gráfica y detallada con el fin de ayudar a las entidades competentes en búsqueda de una mejora en la gestión y manejo del recurso hídrico en Patate.

Palabras clave: agua potable, consumo horario residencial, coeficiente de consumo, estratificación.

ABSTRACT

Today, the management of drinking water in the country has remained largely unchanged from previous years, with only minor adjustments; at times, this has led to a neglect of the reviews and updates of information necessary to carry out actions, designs, and decisions regarding water resources or population factors that may be affecting them. By maintaining outdated design plans; which are based on obsolete ranges established by regulations-imposed years ago, the importance of certain factors related to water consumption is overlooked. The purpose of this study is to obtain hourly residential consumption curves in the Patate canton and to identify and correlate urban planning, socioeconomic, and hydraulic factors that may influence them. The research was conducted through surveys administered to various local households, as well as by collecting and processing 24-hour consumption data from water meters over 7 days. The hourly consumption curve showed a high consumption range from 1:00 p.m. to 2:00 p.m. across socioeconomic strata A, B, C, and D, with a peak of 120.09 l/h. A maximum hourly consumption coefficient of 2.92 was also calculated, which may be appropriate for future designs in the parish of Patate. All results from this study are presented graphically and in detail to assist the relevant authorities in their efforts to improve water resource management in Patate.

Keywords: drinking water, hourly residential consumption, consumption coefficient, stratification.



Reviewed by:

Ms.C. Ana Maldonado León

ENGLISH PROFESSOR

C.I.0601975980

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

Dentro del contexto mundial, la dotación de agua potable es indispensable para el desarrollo de la vida, ya que constituye un derecho universal. Sin embargo, en países subdesarrollados aún se presentan problemas relacionados con el abastecimiento del recurso hídrico. Cabe recalcar que nuestro país no está exento de esta situación, la cual se debe principalmente a problemas de mala gestión, factores económicos y políticos, así como a estimaciones empíricas del consumo y su variación, sin dejar de lado la tasa de crecimiento poblacional.

En muchas ciudades del país suelen presentarse variaciones en el consumo de agua debido a diversos factores. Entre los más recurrentes se encuentran el entorno en el que habita la población, el crecimiento urbano, las condiciones socioeconómicas de las familias residentes y los factores climáticos, que pueden afectar tanto a las cosechas como a las fuentes de agua y su almacenamiento.

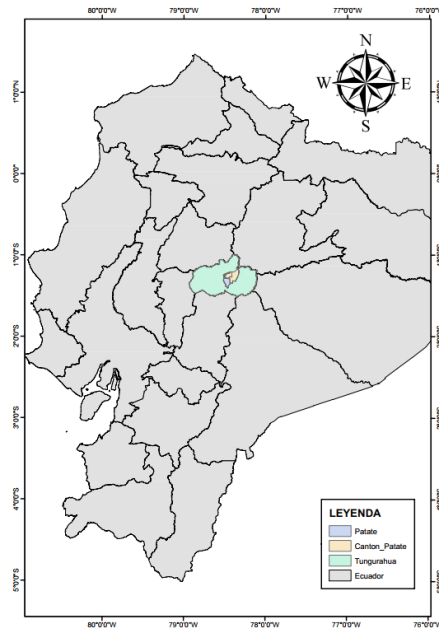
Estas variaciones pueden aportar de manera significativa al diseño y gestión del recurso hídrico para futuros años en la ciudad, al igual que conocer la influencia de determinados factores con respecto al consumo de agua potable, puede aportar gran información de guía para futuros diseños en ciudades o sectores que presenten ciertos rasgos similares.

1.2 ZONA DE ESTUDIO

El Cantón Patate es uno de los 9 cantones pertenecientes a la provincia de Tungurahua, Ecuador, con una altitud de 2700 metros sobre el nivel del mar. El cantón presenta una gran extensión de terreno con su mayoría ocupada por una variada flora que caracteriza al cantón, sin dejar de lado la cabecera cantonal San Cristóbal de Patate donde se situará la investigación. El último censo realizado en 2022 de la zona urbana del cantón muestra una cantidad de habitantes alrededor de los 2514 habitantes, sin embargo, con el paso de los años tanto la zona urbana como la cantidad de habitantes ha ido en crecimiento hasta estos últimos años [1].

Figura 1

Ubicación de la zona de estudio con respecto a Ecuador.



Patate se encuentra estratégicamente ubicado en una zona de la Sierra ecuatoriana donde convergen valles, montañas de gran altitud y parte del Parque Nacional Llanganates, contando con un clima que puede ser cálido-húmedo o cálido-seco en los valles. Esta ubicación le confiere una diversidad climática, que varía desde un clima cálido-húmedo o cálido-seco en los valles hasta un clima frío montañoso en las zonas de mayor elevación [2].

Estas condiciones climáticas, tanto cálidas como frías, generan un entorno favorable para el desarrollo de los sectores agrícola y ganadero del cantón, lo que ha fomentado la expansión de amplias zonas de cultivo y de crianza animal en los valles y sus alrededores.

Sin embargo, no solo se centra en los sectores agrícolas y ganaderos, pues debido a su acogedor clima, residentes amables y una vasta producción de diversas frutas, fue reconocido como el primer pueblo mágico de Tungurahua, y nombrado el “Valle de la Eterna Primavera” [2]. Esto lo ha convertido en uno de los principales focos turísticos de la provincia, diferenciándolo de otros cantones con una vocación predominantemente agrícola y ganadera.

Figura 2

Vista satelital de Patate (zona de estudio).

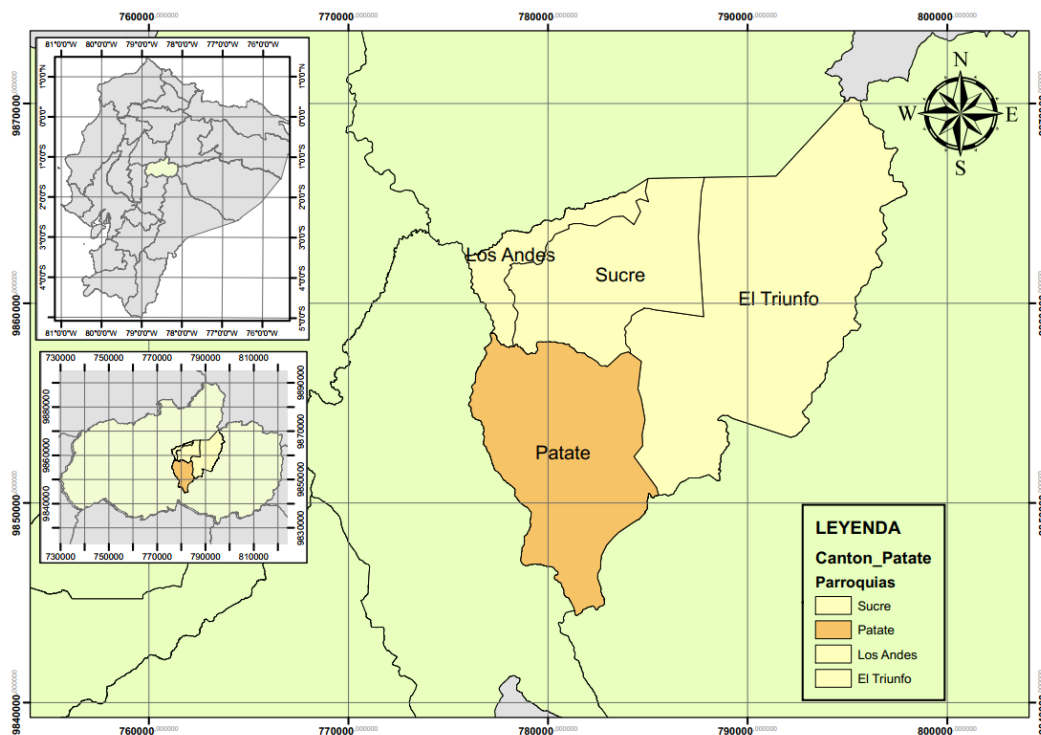


Como se puede evidenciar en la **Figura 2**, Patate presenta en su zona urbana numerosas parcelas con abundante vegetación, distribuidas entre jardines residenciales, parques y huertas que coexisten dentro de la ciudad y que los habitantes aprovechan, en algunos casos, con fines comerciales. Estos factores influyen de manera significativa en el consumo de agua potable de una parte considerable de la población, por lo que constituyen un factor importante que debe considerarse en la elaboración de la curva de consumo.

El cantón de Patate está conformado por cuatro parroquias: Los Andes, Sucre, El Triunfo y Patate. Esta última corresponde a la cabecera cantonal y a la principal zona urbana; por ello, se la determinó como la zona principal de estudio, centrando el análisis en los sectores residenciales que no presentan huertos de gran magnitud ni otras actividades comerciales que puedan alterar los resultados de las muestras.

Figura 3

Mapa de ubicación de la cabecera cantonal de Patate.



Como se evidencia en la **Figura 3**, Patate, al igual que las demás parroquias, abarca una amplia extensión territorial. Sin embargo, las vocaciones principales de cada parroquia varían tanto por sus condiciones climáticas como por su principal fuente de ingresos. En la **Tabla 1** se pueden apreciar las principales vocaciones para cada parroquia:

Tabla 1

Tabla de vocaciones principales de las parroquias de Patate.

Parroquia	Categoría	Vocación Principal
San Cristóbal de Patate	Urbana	Comercial, Turística
Los Andes	Rural	Fruticultura
Sucre	Rural	Agro-ganadera
El Triunfo	Rural	Agrícola

Nota. Adaptado de [3].

La cabecera cantonal tiene como principales actividades económicas el comercio y el turismo, actividades que constituyen un factor clave en la dinámica urbana. Por esta razón, los días de feria se desarrollan generalmente los miércoles y los domingos en la zona urbana [2].

1.3 ANTECEDENTES

Conocer las investigaciones e información documentada anteriormente con respecto a la gestión y manejo del recurso hídrico en la región interandina es necesario para entender la situación que presenta en la actualidad el cantón con respecto al consumo y problemas que se puedan presentar al momento de llevar a cabo la investigación y recolección de datos.

Los ecosistemas de páramo presentes en todo el cantón son una gran fuente y parte importante para el ciclo natural del agua, proporcionando un terreno húmedo y poroso que mantiene una alimentación constante a ríos y vertientes que cruzan hacia los valles, protegiendo a toda la zona de los periodos de estiaje que se puedan presentar en el año, sin embargo, uno de los factores que ha ido en aumento afectando esta seguridad que proporcionaba el ecosistema es el incremento en la zona agrícola y ganadera con el deterioro y pérdida de la flora nativa [4]. Por ello, se ven alteradas las reservas y fuentes de agua que abastecían en los periodos de estiaje, dejando a los habitantes tanto de la zona rural como urbana sin la cantidad suficiente para cubrir la demanda de consumo de agua potable, tanto para uso agrícola como para uso sanitario.

Las principales fuentes de captación del cantón provienen de una red de microcuencas y afluentes como lo son los ríos Mesa, Tablón, Llutupi y Blanco, los cuales debido a problemas de pastoreo descontrolado han ido aumentando su caudal drásticamente en los periodos de altas precipitaciones causando inundaciones y daños en las captaciones [4]. Dichos problemas han sido mención de los pobladores en reiteradas ocasiones ante el GAD municipal de Patate, sin embargo, el problema hasta la fecha no ha desaparecido por completo y en ocasiones de precipitaciones prolongadas tiende a volverse a presentar.

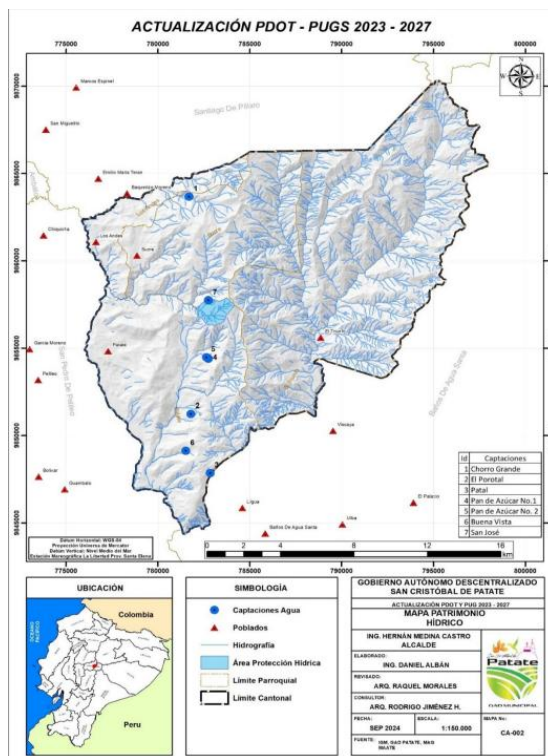
Las entidades encargadas del manejo y distribución del recurso hídrico suelen trabajar con la ayuda de las normativas técnicas ecuatorianas enfocadas al diseño y uso del recurso de manera correcta, en los cuales se presentan recomendaciones de dotaciones según el clima presentado y la cantidad estimada de habitantes, optando en este caso para la parroquia de Patate una dotación de diseño que oscila entre 120 y 150 litros por habitante por día [5].

El diez de septiembre de 2010 fue inaugurada la planta de potabilización de agua potable de Patate, la cual beneficiaría a 7000 personas en el cantón [6]. Asimismo, existe registro de un contrato en 2016 dedicado al mejoramiento del “sistema de agua potable Yanasinty-Manteles”, mostrando la existencia de un sistema anterior al implementado en 2010 [7].

La información recopilada con respecto a las redes de distribución existentes en el cantón no presenta registros específicos y claros al respecto, sin embargo, mediante indagaciones en campo a los moradores y autoridades del sector se estima que existen cuatro redes de distribución enfocadas a la zona urbana de Patate llamadas: Loma Grande, Patate Viejo, Mundung y San Francisco (La Matriz) [8].

Figura 4

Unidades Hidrográficas del cantón Patate.



Nota. Reproducido de [3].

Como se puede evidenciar en la **Figura 4**, el cantón en su totalidad está alimentado por siete captaciones ubicadas en zonas de gran altitud y de las cuales tres son responsables de abastecer al sector urbano de la cabecera cantonal, llegando a distribuir en su mayoría una buena presión de salida de agua en todas las residencias. Sin embargo, cabe recalcar la importancia de un correcto dimensionamiento de la cantidad del recurso hídrico para no sobrepasar la presión máxima que pueda llegar a soportar tanto accesorios como tuberías en los valles.

En este estudio se pretende evaluar el comportamiento del consumo horario de agua potable en el sector residencial de la parroquia San Cristóbal de Patate, ubicado en el cantón Patate, provincia de Tungurahua. Asimismo, se busca relacionarlo en función del estrato socioeconómico presentado en las viviendas seleccionadas como muestra, clasificadas mediante las fichas de caracterización urbanística, socioeconómica y relacionada al agua potable que brinda la guía de Arellano et al. [9]. Acabadas las encuestas y clasificaciones se realizará la toma de datos a las residencias que brinden información y autorización previa por siete días seguidos siguiendo los parámetros de la guía antes mencionada. Es importante mencionar que el periodo de toma de datos se efectuará en épocas en las que no pueda presentarse algún evento o festividad que pueda llegar a alterar de alguna manera el consumo habitual que tiene el cantón en otras épocas del año.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según los criterios presentados en la CPE INEN [5] la dotación promedio media futura para las poblaciones varía de 180 a 230 l/hab/día, teniendo en cuenta que los criterios y condiciones por las cuales la norma determina la dotación son considerados por algunos especialistas como ambiguos y poco efectivos en la actualidad. Esto debido en su mayor parte a la antigüedad de la normativa siendo la fecha de su última actualización hace más de 50 años, con lo cual no tiene criterios actualizados con futuras investigaciones, pruebas o estudios de diferentes ámbitos que puedan servir de apoyo para sustentar o modificar los parámetros existentes.

En la mayoría de cantones y provincias del Ecuador se ha venido llevando el diseño y construcción de sistemas de captación y almacenamiento siguiendo la guía y recomendaciones de la normativa ecuatoriana vigente, sin la consideración de parámetros externos que pueden llegar a alterar el diseño buscando un enfoque más realista con respecto a la zona y población a la que vaya enfocado el proyecto, lo que trae como consecuencia grandes impactos ambientales y sobre todo la escasez del recurso hídrico en diversas zonas del país.

La parroquia de Patate no está fuera de la escasez hídrica debido a diversos factores tanto naturales como causados por el hombre, según los datos obtenidos del Plan Nacional de Sequía 2021-2023 se puede denotar que los periodos de sequía que presenta la cordillera de los Andes, están estrechamente relacionados con el fenómeno de El Niño, provocando épocas de sequía en el cantón generalmente dentro del tercer trimestre del año, con precipitaciones por debajo de los 600 mm como lo estipula el PDOT de Patate [3].

Sumado a los factores naturales como el fenómeno de El Niño, también se encuentra la creciente demanda de agua potable del cantón tanto para uso sanitario como para uso agrícola, siendo la agricultura una de las principales fuentes económicas y punto vital del cantón. Sin embargo, el uso excesivo del suelo para pastoreo de ganado ha llevado a problemas de escorrentía en muchas zonas provocando diversos daños inesperados en tuberías de conducción de agua potable dejando zonas deshabilitadas del recurso hídrico hasta que se realicen las reparaciones correspondientes.

Si bien el GAD municipal de Patate se encarga de reparar y habilitar los suministros de agua en el menor tiempo posible, no se ha visto la implementación de métodos preventivos o medidas que puedan salvaguardar las necesidades de los pobladores ante la escasez de dicho recurso. Este problema puede llegar a presentar consecuencias económicas como de salud para el cantón y por lo cual se han buscado más fuentes de agua potable viables; sin embargo, al no disponer de información y parámetros actualizados, enfocados para la parroquia de Patate, se corre el riesgo de que los futuros sistemas, arreglos o adaptaciones puedan fallar por sobredimensionamiento o subdimensionamiento.

La parroquia de Patate presenta un enfoque más turístico en comparación a otras parroquias en Tungurahua y por lo cual viene a ser fundamental realizar un correcto estudio con respecto al consumo de agua per cápita, con el fin de obtener un valor real de consumo horario y así permitir a las autoridades competentes, mediante una base técnica, optimizar el sistema de agua potable, asegurar el recurso frente a la demanda y promover una sostenibilidad para futuras generaciones.

Todo lo mencionado da lugar a una sola pregunta de investigación y motivo por el cual se desarrolló este estudio:

¿Los coeficientes de consumo horario utilizados en la parroquia de Patate responden a la demanda actual, o es necesario actualizarlos para mejorar la eficiencia y la planificación de futuras obras de abastecimiento?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Establecer el coeficiente de consumo horario residencial de agua potable en el cantón Patate, provincia de Tungurahua.

1.5.2 Objetivos específicos

- Establecer los factores que influyen en el consumo residencial de agua potable en el cantón Patate.
- Obtener información relevante para la elaboración de las curvas de consumo horario de uso residencial del cantón Patate.
- Determinar los coeficientes de variación en el uso de agua potable para el cantón Patate.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Agua Potable

El agua se considera potable cuando puede ser consumida sin que exista un riesgo para la salud, por lo cual se deben respetar una serie de normas y criterios de potabilidad con el fin de prevenir enfermedades o muertes de los usuarios. En la actualidad, cerca de 4 millones de personas mueren cada año por el consumo de agua no potable y cerca de 885 millones de personas aún carecen de dicho recurso [10]. Definir y entender cuáles son los principales parámetros que debe cumplir el agua para considerarse potable es necesario antes de su distribución al igual que conocer el destino y uso que le dará el usuario.

El agua potable es considerada como un recurso indispensable para todos los seres humanos, siendo un elemento fundamental para multitud de actividades de todo ámbito en nuestra sociedad. En la actualidad aproximadamente el 85% de la población perteneciente a América Latina cuenta con los servicios básicos de agua potable, sin embargo, el resto de la población se ve obligada a optar por otras fuentes de agua para su consumo, tales como pozos individuales, ríos, conexiones ilegales, entre otros [11]. Sin ser métodos que puedan asegurar la calidad debida del agua y llegando a exponer a sus usuarios a diversos peligros para su salud.

2.2 Consumo de agua

Según la OMS, una persona necesita al menos 50 litros diarios de agua para satisfacer sus necesidades básicas y 100 litros para atender todas las necesidades de manera óptima [12]. Sin embargo, hay que tener en cuenta la importancia e influencia que presenta la disponibilidad de dicho servicio, siendo los sectores rurales los más afectados, pues difícilmente superan un consumo de 20 l/hab/día [13]. La falta de acceso o el acceso limitado a dicho recurso puede ocasionar un riesgo en la salud de las personas como se puede analizar en la **Tabla 2**.

Tabla 2

Clasificación del nivel de acceso al agua y riesgo sanitario.

Acceso al agua	Cantidad (l/hab/día)	Riesgo para la salud	Necesidades cubiertas
Sin acceso	< 5	Muy alto	No se garantiza la hidratación mínima.
Acceso básico	≤ 20	Alto	Garantiza hidratación, pero no alcanza para la higiene personal.
Acceso intermedio	~ 50	Bajo	Asegura hidratación e higiene personal, no asegura limpieza del entorno.
Acceso óptimo	> 100	Muy bajo	Todas las necesidades cubiertas.

Nota. Adaptado de [13].

Sin embargo, esta estimación de consumo de agua no se rige en todas las situaciones o países, presentando diferencias significativas según el país, situación económica, época, entre otros factores, llegando en ocasiones a sobrepasar la estimación de consumo propuesta por la OMS para cubrir las necesidades de manera óptima, tan solo cubriendo las necesidades básicas.

2.3 Factores que influyen en el consumo de agua

Según diversos estudios realizados con respecto al consumo de agua potable se ha determinado que existen diversos factores los cuales pueden ocasionar diferentes consumos de agua en cada población. Los más representativos y con mayor influencia los siguientes: factor climático, factor social, factor económico y factor cultural, que de acuerdo con el contexto tendrán diferentes relevancias [14].

Es imprescindible tomar en cuenta y describir cada uno de los factores antes mencionados para asegurar una obtención y análisis de datos correcto, buscando no omitir cualquier factor o variable que pueda afectar los resultados de la investigación.

Según Aguilar [15], son la temperatura máxima y el número de días con precipitación mayor a 0.1 mm las variables que mejor explican el consumo de agua con respecto al factor climático. Mientras que con respecto al factor social y económico se vio una estrecha relación presentando un consumo menor en los hogares de dimensiones estándar y pequeñas, pero con la presencia de familias de 3 a 5 personas, con respecto a hogares de mayores dimensiones, pero con familias de 1 a 3 personas [14], mostrando que el aspecto económico o de estratos influiría en el consumo de las familias.

Entre los factores que influyen y determinan un diferente consumo de agua potable también podemos encontrar los estratos socioeconómicos que pueden llegar a marcar una diferencia en la cantidad de consumo como en las horas y días que presenten los consumos máximos y los consumos mínimos, como lo mencionan Arellano et al. [9].

2.4 Demanda y dotación

La demanda se considera como la cantidad de agua requerida en las tomas de captación para el consumo de una localidad, teniendo en cuenta los diferentes usos que esta pueda tener entre los pobladores siendo domésticos, comerciales, industriales, turísticos, entre otros [16]. Mientras que la demanda es la cantidad de agua requerida, la dotación es la producción de agua para satisfacer las necesidades de la población, la cual, según la normativa ecuatoriana para poblaciones menores a 5000 habitantes, se deberán utilizar las dotaciones mínimas proporcionadas por la **Tabla 3**.

Tabla 3*Dotaciones recomendadas.*

POBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Nota. Adaptado de [5].

2.5 Variaciones de consumo

Existen diversos factores que pueden afectar al consumo de agua potable normal de una población, siendo por causas de ubicación, costumbres, cultura, eventos naturales y estratos socioeconómicos. Estos factores no necesariamente son considerados aspectos negativos en la comunidad o perjudiciales para el sistema de abastecimiento mientras se tengan en cuenta los motivos y la variación estimada para cada uno de ellos, al igual que una cantidad de agua almacenada para cubrir cualquier variación que se pueda presentar.

En el cantón Patate, en la ciudad principal, por lo habitual tiende a producirse días de mayor concentración de gente debido a su enfoque principalmente turístico, causando días con consumos mucho más elevados de lo habitual siendo principalmente los días de feria (los miércoles y fines de semana). También destacan las festividades cantonales como las fiestas del Señor del Terremoto celebradas por lo habitual en el mes de febrero.

2.6 Caudal medio anual diario

El caudal medio diario o caudal medio anual diario está dado por la población futura y la dotación, lo cual representa el promedio de los consumos registrados durante todo un año de mediciones. Este dato se expresa con un Q_{med} y se consigue mediante la ecuación (1):

$$Q_{med} = \frac{q * N}{86400} \quad (1)$$

Donde:

Q_{med} : Consumo medio anual diario (l/s).

q: Dotación (l/hab/día)

N: número de habitantes

2.7 Coeficiente de consumo máximo diario

Establecido como el requerimiento máximo correspondiente al mayor consumo diario, donde “Kmax.día” o también llamado k1 se establecerá mediante estudios en sistemas existentes o por el contrario se recomiendan valores de 1.3 a 1.5 para dicho parámetro [5]. El coeficiente de consumo máximo diario k1 nos ayuda con un acercamiento al consumo más grande que se produjo o pueda ser producido en un año, optando por la ecuación (2).

$$Q_{max.dia} = k1 * Q_{med} \quad (2)$$

2.8 Coeficiente de consumo máximo horario

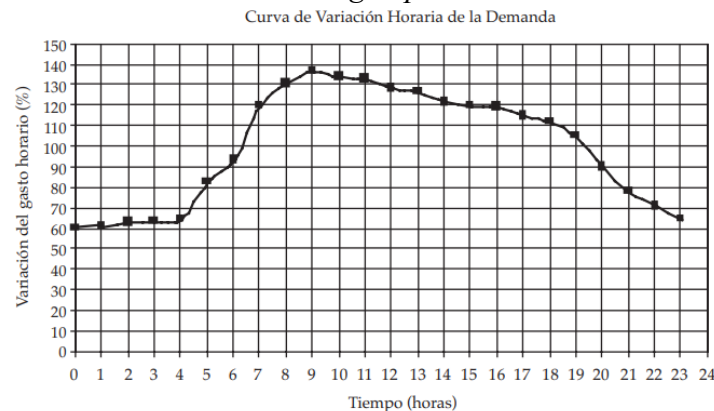
Al igual que el anterior esta variable se deberá obtener mediante estudios pertinentes con respecto al poblado donde se deba aplicar. Sin embargo, para casos donde no exista información relevante con respecto a estos temas entonces se podrán usar los valores de 2 a 2.3 como lo estipula la normativa ecuatoriana para agua potable [5].

2.9 Curva de consumo horario

Debido a la variación de consumo que se presenta en determinadas horas del día, siendo causa del tiempo de ejecución y tipo de actividades realizadas, se puede obtener diferentes datos de consumo de agua durante un periodo de tiempo. Mediante los cuales se puede desarrollar una curva característica de consumo para cada sector, haciendo posible predecir cómo funcionaría el sistema de suministro de agua potable [17].

Figura 5

Curva de variación horaria de la demanda de agua potable.



Nota. Reproducido de [18].

2.10 Estado del Arte

El consumo de agua y su gestión no es un problema que aflige únicamente al Ecuador, siendo un tema estudiado en diferentes naciones alrededor del mundo. Asimismo, países vecinos como Colombia y Perú poseen varias investigaciones del consumo de agua potable residencial. Por ejemplo, en Toledo, Colombia se realizó un estudio de consumo de agua potable residencial por un año, donde se estratificó la población de la ciudad de Toledo con 4 estratos socioeconómicos

identificados del 1 al 4, iniciando con el estrato 1 (bajo-bajo), hasta llegar al estrato 4 (medio), donde se obtuvo que los estratos 1, 2 y 3 presentaron un comportamiento similar con un consumo superior al estrato 4 [19].

Como se ha mencionado anteriormente según la CPE INEN 5 [5], se puede tomar valores para el coeficiente de consumo máximo horario de un rango de 2 a 2.3 que debería poder abarcar a la mayoría de poblaciones del país. Sin embargo, en diferentes estudios realizados con respecto al comportamiento del consumo horario residencial de agua potable en diferentes zonas del país, se puede obtener una relación entre el caudal horario y caudal medio mediante la ecuación (3) [20].

$$Kh = Qh/Qmed \quad (3)$$

Donde:

Kh: Coeficiente de modulación por hora.

Qh: Consumo de agua en una hora.

Qmed: Caudal medio.

Con relación a este método de procesamiento de datos podemos destacar el estudio efectuado al cantón Guano parroquia El Rosario, donde los valores de coeficientes kh que obtuvo cada barrio con referencia al rango establecido para el coeficiente de consumo máximo horario por la normativa se encuentran muy por encima de lo pensado [21]. Teniendo esto en cuenta podemos concluir que los rangos para el coeficiente de consumo máximo horario que propone la norma no abarcan en todos los casos la realidad de dicha zona, mostrando la necesidad de información más veraz que esté acorde con las necesidades que presenta el cantón Patate.

Al igual que los coeficientes también se ha visto que los horarios que tienden a presentar un máximo consumo de agua potable pueden variar de parroquia a parroquia llegando a contrastar en ocasiones como lo ocurrido en las curvas de consumo presentadas para las redes de distribución de Saboya, Maldonado, Piscín y San Martín de Veranillo, donde las horas con mayor consumo se presentaron en la mañana de 6h00 a 7h00 [22]. Mientras que en el estudio efectuado para la parroquia de El Rosario podemos evidenciar que sus consumos máximos se presentaron en la tarde de 12h00 a 14h00 [21], mostrando que existen diversos factores a tomarse en cuenta más que la cercanía o el número de habitantes como para saber las horas máximas de consumo que puede presentar un sistema.

El método que mejor ha dado resultados para poblaciones urbanas de no más de 5000 habitantes ha sido la micromedición para la toma de datos de consumos de agua potable, llegando a ser óptimo a la hora de saber las horas donde existirán los consumos máximos horarios y mínimos de la población evaluada. Por ende, para la parroquia Patate que cuenta con alrededor de unos 2514 habitantes este método de recolección de datos es el más adecuado y será utilizado en esta investigación, sin olvidar realizar la tabulación y depuración de los datos a la hora de efectuar el procesamiento correspondiente.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.

3.1 Tipo de investigación

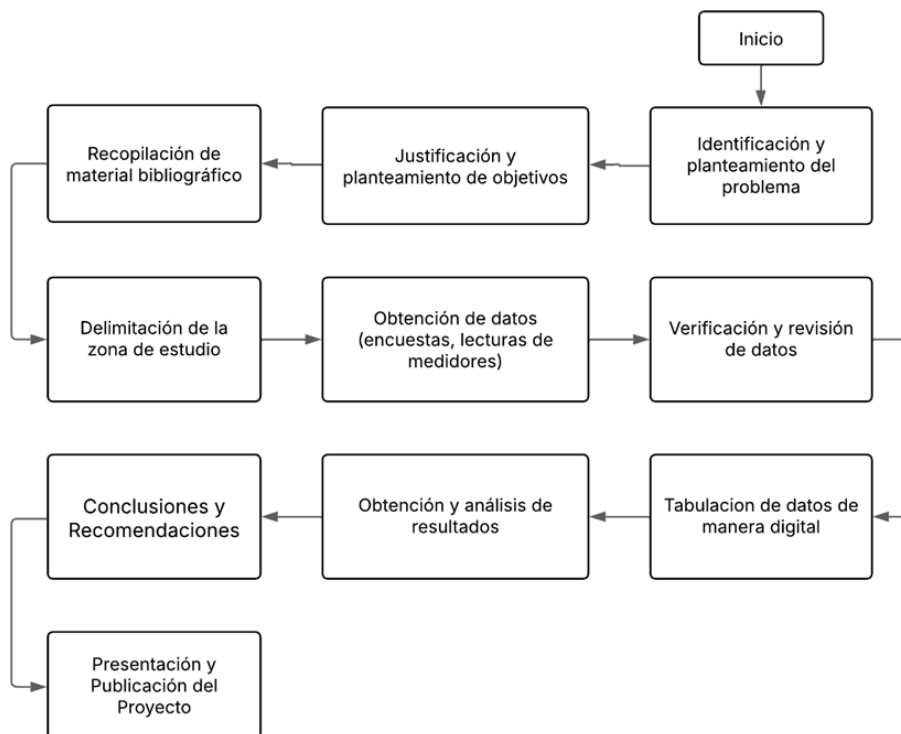
Para este trabajo se usa el tipo de investigación con enfoque mixto, debido a que se emplean métodos cualitativos a la hora de evaluar los factores y hábitos de consumo presentes por residencia en la parroquia de Patate, a la par de emplear métodos cuantitativos para el análisis y toma de datos de los medidores con respecto al consumo por familia en la zona analizada.

Con respecto al enfoque de la investigación se pretende un enfoque analítico y exploratorio, puesto que mediante un alcance analítico, se busca procesar los datos obtenidos y determinar la curva de consumo horario correspondiente a la ciudad; y mediante el alcance exploratorio, se plantea la elaboración y aplicación de encuestas a las familias del cantón, buscando obtener información relevante sobre las variables que puedan modificar los consumos y de esta manera poder trabajar con datos confiables de consumos de agua potable.

3.2 Esquema metodológico

Figura 6

Esquema metodológico de trabajo de investigación.



3.3 Población

Para esta investigación, se selecciona la población de la zona urbana del cantón Patate, de la fuente de información proporcionada por el último censo realizado y compartido por el Instituto nacional de estadística y censos (INEC), donde se puede obtener una población urbana para el cantón de 2514 habitantes y una población rural de 11365 habitantes [1]. Si bien esta cantidad puede haber sufrido cambios en el paso de los años, también es de considerar que la zona urbana del cantón es principalmente turística y presenta una gran cantidad de población flotante, la misma que según el GADM de Patate, aún no se encuentra totalmente definida y por ende se pretende trabajar con lo confirmado previamente por el INEC.

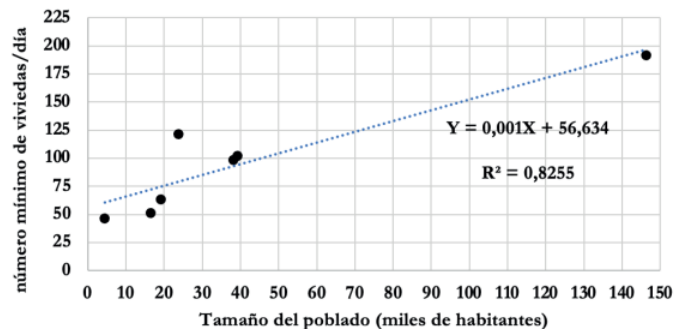
3.4 Tamaño de muestra

Para definir el tamaño de muestra para este estudio, se utiliza el método propuesto por Arellano et al. [9] en referencia a estudios de consumo de agua potable en poblaciones menores de 150000 habitantes. Este método considera que, para dichas poblaciones, es posible establecer un número de muestras que varía en función del tamaño poblacional, y que las variables socioeconómicas y culturales no necesariamente deban ajustarse a un análisis estadístico estricto.

El documento descrito anteriormente presenta un análisis de puntos con investigaciones realizadas en diferentes poblados y de los cuales se obtiene una fórmula de correlación entre el tamaño del poblado, medido por la cantidad de habitantes, con el número mínimo de viviendas/día que se necesita.

Figura 7

Número mínimo de muestras.



Nota. Reproducido de [9].

$$Y = 0.001x + 56.634 \quad (4)$$

Dónde:

Y: número mínimo de viviendas diarias.

X: Población de la ciudad (miles de habitantes)

De este modo al reemplazar en la ecuación (4) se consigue el número de muestras mínimas para la investigación.

$$Y = 0.001(2.514) + 56.634 \quad (5)$$

Dando como resultado un total de 57 muestras como mínimo y las cuales se ponderan conforme a la cantidad de estratos localizados de la caracterización urbanística.

Sin embargo, también se debe tener en cuenta la disponibilidad de los residentes ante el proceso a evaluar, de tal manera que no pueda generar disgusto o alteraciones al momento de recolectar los datos.

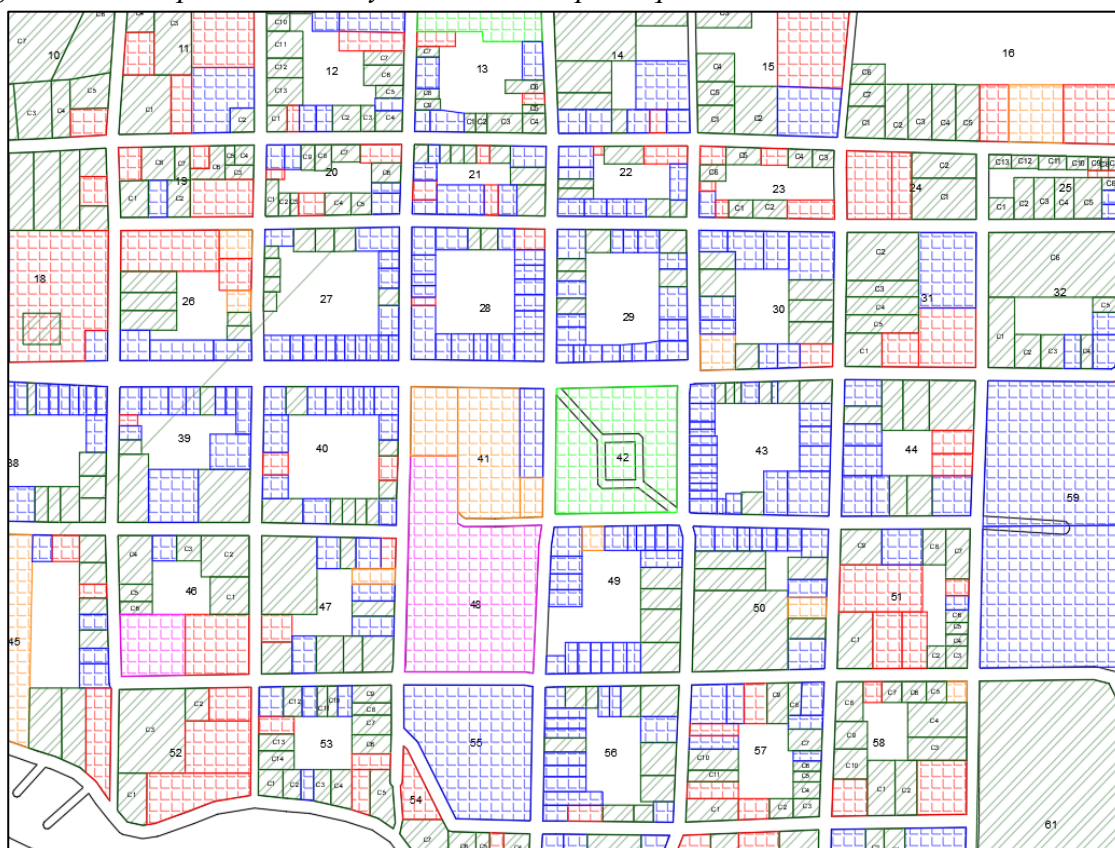
3.5 Caracterización urbanística

Antes de comenzar con la recolección de muestras se procede a definir los límites del área urbana que se prevé abarcar para el estudio, enumerando la cantidad de manzanas y edificaciones de uso residencial puesto que, para el método de caracterización urbanística, descrito en el documento de enfoque interdisciplinario, se establece no tomar en cuenta manzanas que tengan como uso parques, iglesias o uso meramente comercial [9].

Mediante un recorrido visual y con ayuda del software AutoCAD, se realiza el mapeo de la zona de estudio, continuando con la clasificación de cada edificación presente en cada manzana. De este modo, mediante diversos colores y formas se puede distinguir de mejor manera la distribución urbanística en Patate.

Figura 8

Fragmento del mapa enumerado y dividido de la parroquia Patate.



Como se puede observar en el fragmento del mapa presentado en la **Figura 8**, se enumeran todas las manzanas de la parte urbana, comenzando desde la zona norte de la ciudad

hasta la zona sur, realizando el mapeo de todas las manzanas con el fin de identificar el tipo de uso de cada edificación y la cantidad de edificios destinados exclusivamente para residencia.

Posterior al mapeo de la zona urbana, se procede a llenar la ficha de caracterización urbanística, donde se levanta la información de todas las estructuras por cada lado de la manzana y se obtiene, con base en parámetros de cada apartado, una clasificación del tipo de estrato, tanto por lado como por manzana [9].

La ficha se presenta de manera digital para un cálculo y procesamiento más eficiente y rápido, donde se obtiene como resultado final el número total de manzanas y la cantidad de manzanas por cada estrato, como se puede apreciar en la **Tabla 4**.

Tabla 4

Resultado de la Caracterización urbanística en la ciudad de Patate.

Tipo de Estrato	Cantidad de Manzanas
A	8
B	30
C	12
D	4

Habiendo obtenido la cantidad y tipo de estrato de cada manzana se procede con la ponderación de las muestras según el tipo de estrato y para lo cual se emplean las siguientes ecuaciones presentadas en la misma guía [9].

$$A\% = \frac{Mz A}{Mz t} * 100 \quad (6)$$

$$B\% = \frac{Mz B}{Mz t} * 100 \quad (7)$$

$$C\% = \frac{Mz C}{Mz t} * 100 \quad (8)$$

$$D\% = \frac{Mz D}{Mz t} * 100 \quad (9)$$

En donde:

A%: es la fracción de manzanas del ESE – A.

B%: es la fracción de manzanas del ESE – B.

C%: es la fracción de manzanas del ESE – C.

D%: es la fracción de manzanas del ESE – D.

Al reemplazar la cantidad de manzanas en cada una de las ecuaciones según su tipo de estrato correspondiente se obtiene el siguiente cuadro de cantidades porcentuales de cada estrato y la cantidad de muestras mínimas por manzana que se debe tomar para la investigación.

Tabla 5

Ponderación de muestras por estrato para la ciudad de Patate.

Estrato	Porcentaje de manzanas	Cantidad de muestras/estrato
A	14.81%	8
B	55.56%	31
C	22.22%	13
D	7.41%	4

Como se puede observar en la **Tabla 5**, el sector analizado presenta los cuatro estratos en diferente medida, donde cabe señalar que, si bien existen los cuatro estratos, el porcentaje que se encuentra más elevado y por consiguiente los que presentan mayor cantidad de manzanas de ese estrato corresponden a los estratos B y C con 55.56% y un 22.22% respectivamente.

3.6 Caracterización socioeconómica

Para realizar la caracterización socioeconómica se necesita en teoría conocer los ingresos generales de cada familia, pero debido a los problemas que esto puede conllevar a los encuestadores, se opta por realizar algunas preguntas dirigidas preferentemente a los jefes de cada hogar con el fin de contrastar las respuestas y darles un puntaje con el que se pueda calcular el estrato de dicha familia, para lo cual se ocupan las fichas establecidas por Arellano et al. [9].

Tabla 6

Encuesta socioeconómica para la caracterización de consumo de agua potable.

ENCUESTA N°		DIRECCIÓN:		FECHA:		SECTOR INEC:		MANZANA:		CASA CÓDIGO:					
NOMBRE DEL ENCUESTADO: ES UD LA CABEZA DEL HOGAR ☐ SI ☐ NO															
INFORMACIÓN SOCIOECONÓMICA															
1.- N° DE PERSONAS QUE HABITAN EN EL HOGAR 		2.- N° DE PERSONAS QUE DEJEN GENERALMENTE EN EL HOGAR 		3.- EN QUÉ TRABAJA USTED 1) FISCAL 2) COMERCIANTE 3) TRANSPORTISTA 4) AGRICULTOR 5) GANADERO 6) ENSEÑANZA 7) GERENTE O DIRECTOR 8) TRABAJADOR DE SERVICIOS 9) PROFESIONAL Y TÉCNICO 10) MANUFACTURA 11) EMPLEADO DE OFICINA 12) TRABAJADOR CALIFICADO 13) OPERARIO U OPERADOR DE MAQUINARIAS 14) ESTUDIANTE 15) OTRO				4.- N° DE PERSONAS QUE APORTAN ECONÓMICAMENTE EN EL HOGAR 		5.- A CUÁNTAS PERSONAS MANTIENE 		6.- A CUÁNTAS PERSONAS COMEN EN EL HOGAR 		7.- CUÁNTAS PERSONAS COMEN FUERA DEL HOGAR 	
11.- TIENEN VEHÍCULOS EN EL HOGAR 11a.- TIPO 1) SI ☐ 2) NO ☐ USO PERSONAL ☐ DE TRABAJO ☐ 11b.- LA VIVIENDA ES 1) PROPIA ☐ 2) ARRENDADA ☐ 3) PRESTADA ☐ 4) HEREDADA ☐		12.- LA VIVIENDA QUE UD HABITA LA UTILIZA COMO 12a.- COMERCIAL VENTA DE CORDONES Y DEB TENDA DE ABASTOS SUPERMERCADO LAVADERA PELLAQUERIA 12b.- EDUCATIVA MECANICA OFICINA FARMACIA LABORATORIO PAPELERIA 12c.- RESIDENCIAL CASA DEPARTAMENTO CUARTO				13.- N° DE PISOS QUE OCUPA EN LA VIVIENDA 		14.- CUÁLES DE LOS SIGUIENTES GASTOS SON MÁS IMPORTANTES EN SU HOGAR (EN ORDEN DE IMPORTANCIA) ALIMENTACIÓN SALUD VIVIENDA OTROS EDUCACIÓN VESTUARIO OBREROS OTROS SEGURO VIAS OTROS		15.- TIENE JARDÍN 					
AGUA POTABLE															
17.- TIENE MEDIDOR DE AGUA POTABLE 		18.- TIENE AGUA POTABLE TODOS LOS DIAS 		19.- TIENE FUGAS DE A.P. DE HIBO A DESPERFECTOS EN LAS INSTALACIONES DOMICILIARIAS 		20.- LA CALIDAD DE AGUA POTABLE QUE LE LLEGA A SU VIVIENDA ES: 		21.- CONSIDERA USTED QUE ESTA PAGANDO LO NORMAL EN CUANTO AL CONSUMO DE AGUA POTABLE: 							
22.- EL AGUA POTABLE LO CONSUME DIARIAMENTE PARA: 1) PREPARACION DE ALIMENTOS 5) LAVADO DE ROPA (LAV. R. A.) 2) BEBIDA 6) LIMPIEZA 7) HIGIENE PERSONAL 8) OTRO		23.- CUANTO CONSUME AL MES DE AGUA POTABLE 		24.- NÚMERO DE PERSONAS QUE CONSUMEN DIARIAMENTE AGUA POTABLE 		25.- CUANTAS PERSONAS SE BAÑAN EN EL DIA, Y CUÁNTAS VECES: 									
26.- NÚMERO DE ARTIFACTOS SANITARIOS EN LA VIVIENDA: 1) NÚMERO DE INODOROS ☐ 2) NÚMERO DE LAVAMANOS ☐ 3) NÚMERO DE TOILETS O BASINOS ☐ 4) NÚMERO DE LAVADEROS ☐		27.- LOS DIAS QUE LLEGAN AGUA A SU VIVIENDA: 1. LUNES ☐ HORA: 2. MARTES ☐ HORA: 3. MIÉRCOLES ☐ HORA: 4. JUEVES ☐ HORA: 5. VIERNES ☐ HORA: 6. SÁBADO ☐ HORA: 7. DOMINGO ☐ HORA: 28.- USTED TIENE TANQUE PARA RESERVAR EL AGUA POTABLE: 1) SI ☐ 2) NO ☐		29.- SI NO TIENE TANQUE PARA RESERVAR EL AGUA POTABLE, CUANDO ESTA LLEGA DE LA RED VELE CON: 1) PRESIÓN ALTA ☐ 2) PRESIÓN NORMAL ☐ 3) PRESIÓN BAJA ☐		30.- COMO CONSIDERA USTED QUE ESTA EL ESTADO DE LAS INSTALACIONES HIDROSANITARIAS EN SU VIVIENDA 1) BUEN ESTADO ☐ 2) MEDIANO ESTADO ☐ 3) MAL ESTADO ☐									
31.- ESTADO DE LA FACHADA 1) TIPO BALDOSA ☐ 2) TIPO INCEMENTAL ☐ 3) TIPO TIERRA ☐ 4) TIPO NO EXISTE ☐		32.- ESTADO DE LA CALLE 1) TIPO ASFALTADA ☐ 2) TIPO ADOPCADA ☐ 3) TIPO LASTRADA ☐ 4) TIPO TIERRA AFREMA ☐ 5) TIPO EMPEDRADA ☐		33.- ESTADO DE LA CATEGORIA 1) TIPO A ☐ 2) TIPO B ☐ 3) TIPO C ☐		34.- ESTADO DE LA CATEGORIA 1) TIPO A ☐ 2) TIPO B ☐ 3) TIPO C ☐									
OBSERVACIONES DE CAMPO: 1.- CALIDAD EN OPTIMAS CONDICIONES A 2.- CALIDAD EN BUENAS CONDICIONES B 3.- CALIDAD EN MALAS CONDICIONES C 4.- TIPO DE VIVIENDA (INEC) 1. MIRAGUA ☐ 2. RANCHO ☐ 3. COVACHA ☐ 4. CHOZA ☐ 5.- ESTADO DE LA FACHADA CATEGORIA A ☐ B ☐ C ☐ 6.- ESTADO DE LA CALLE CATEGORIA A ☐ B ☐ C ☐															
NOMBRE DEL ENCUESTADOR: 						FIRMA: 									

Nota. Reproducido de [9].

Para facilitar el tiempo y reducir las molestias a las familias encuestadas se opta por llenar las encuestas de manera digital y de ese modo poder procesar y guardar la información de manera más segura y eficiente, como se puede observar en la **Figura 9**.

Figura 9

Encuesta socioeconómica modelo digital.

The image shows a digital survey form with five sections, each with a title and a response area. The first section is 'CasaCodigo *' with a text input field labeled 'Tu respuesta'. The second section is 'Nombre del Encuestado' with a text input field labeled 'Tu respuesta'. The third section is 'Es usted cabeza de hogar *' with two radio button options: 'SI' and 'NO'. The fourth section is '1. N° de Personas que habitan en el hogar' with a text input field labeled 'Tu respuesta'. The fifth section is '2. N° de Personas que duermen generalmente en el hogar' with a text input field labeled 'Tu respuesta' and a 'docs.google.com' link.

Aparte de las encuestas de caracterización socioeconómica se realiza una encuesta adicional dirigida a los usuarios, enfocada a la determinación de posibles fugas de agua potable, nivel de presión con la que llega a la residencia y existencia de tanques elevados o tanques de reserva en el domicilio. Esto se debe a que la presencia de fugas de agua potable identificadas puede alterar de cierta manera los datos recolectados, al igual que la existencia de cualquier tanque de almacenamiento de agua altera de manera significativa las horas de consumo, debido a la diferencia que existe entre el horario de consumo habitual y el horario en el que suele llenar el tanque de reserva.

3.7 Delimitación para la toma de datos

Como se menciona en el apartado anterior, existen muchos factores que pueden alterar de una u otra manera los valores y resultados de la investigación. Asimismo, no todas las familias encuestadas pueden mostrarse colaborativas ni brindar información y disponibilidad necesarias para comenzar la toma de datos durante siete días consecutivos, según la planificación.

Aunque el tamaño mínimo de muestra calculado inicialmente fue de 57 viviendas, en el proceso de recolección de datos se obtuvo una muestra efectiva de 44 medidores. Esta reducción se debió a diversos factores operativos, entre ellos: falta de autorización de algunos usuarios, imposibilidad de acceso continuo durante siete días, ausencia de propietarios durante los días de medición o medidores con dificultad de lectura.

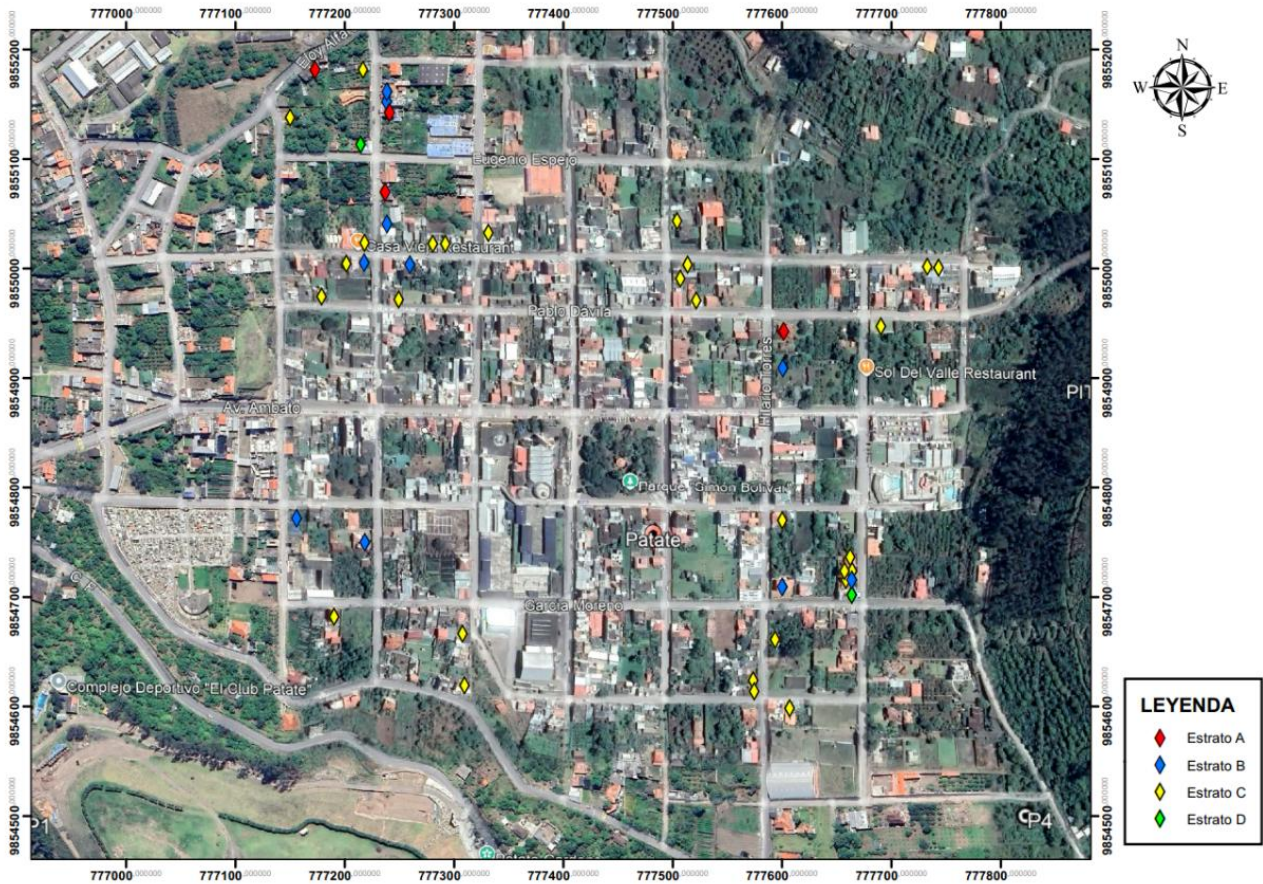
Debido a todos estos factores, los 44 medidores utilizados corresponden a la muestra efectiva, y se encuentran distribuidos como se muestra en la **Tabla 7**. Considerando esta limitación se debe tener en cuenta que los resultados obtenidos deben interpretarse como una aproximación

técnica al comportamiento horario residencial de la zona urbana de Patate. En la **Figura 10** se muestra de manera gráfica la ubicación más precisa de cada medidor con un determinado color según su estrato.

Tabla 7
Comparativa entre la muestra planificada frente a la muestra efectiva.

Estrato	Muestras planificadas	Muestras efectivas
A	8	4
B	31	10
C	13	28
D	4	2

Figura 10
Mapa de ubicación de las muestras por estrato en Patate.



3.8 Toma de datos de medidores

Para el siguiente paso primero se define una ruta óptima que posibilita a los encuestadores abarcar todas las muestras en una sola hora a través de toda la ciudad. De tal modo que, al cabo de

una hora, se repita la toma de los medidores en el mismo orden del primer recorrido. Las tomas se realizan mediante una ficha en formato físico para cada vivienda y planificada para los siete días de la semana como se puede observar en la **Figura 11**.

Figura 11

Ficha para medición de consumo con base en medidores residenciales.

MEDICIÓN DE CONSUMO REAL										
Ciudad			Patate			Fecha inicio:			4 de diciembre	
Nombre del Encuestador			Daniel Sebastián Veloz Mena			Año de toma de medicion:			2025	
Unidad de medición			m3			Estrato:		B	Codigo ID:	C13M12

Horario		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
22:00	6:00							
6:00	7:00	636,128	638,094	639,271	631,55	632,468	633,484	634,766
7:00	8:00	636,15	638,094	639,298	631,58	632,536	633,501	634,823
8:00	9:00	636,172	638,125	639,357	631,636	632,564	633,523	634,93
9:00	10:00	636,308	638,285	639,382	631,652	632,602	633,523	634,997
10:00	11:00	636,342	638,314	639,497	631,686	632,646	633,532	635,088
11:00	12:00	636,342	638,351	639,663	631,767	632,714	633,568	635,102
12:00	13:00	636,356	638,378	639,825	631,916	632,714	633,573	635,21
13:00	14:00	636,381	638,464	640,012	631,957	632,75	633,667	635,377
14:00	15:00	636,526	638,603	640,097	631,986	632,773	633,732	635,401
15:00	16:00	636,765	638,792	640,272	632,093	632,789	633,865	635,62
16:00	17:00	637,034	638,821	640,272	632,123	632,791	633,986	635,682
17:00	18:00	637,187	638,856	640,329	632,154	632,791	634,002	635,753
18:00	19:00	637,205	638,874	640,414	632,159	632,806	634,088	635,753
19:00	20:00	637,205	638,902	640,532	632,173	632,838	634,125	635,822
20:00	21:00	637,277	638,943	640,699	632,221	632,91	634,172	635,863
21:00	22:00	637,31	638,962	640,734	632,266	632,957	634,238	635,902

La fecha de inicio para la recolección de datos es el jueves 4 de diciembre del año 2025, por lo cual en las fichas se considera incluir este dato como referencia en caso de que se presente una correlación entre los días de máximo consumo con los días de feria o fines de semana donde se presenta mayor cantidad de turistas a lo largo del día. También se tienen en consideración los horarios donde el consumo habitual no es elevado como en otros horarios, siendo el rango que abarca desde las 22h00 hasta las 6h00, todo fundamentado con base en otras investigaciones de la misma índole [21], [22].

3.9 Medidores de agua estudiados

La parroquia de Patate es muy variada tanto entre sus pobladores como en los medidores usados para sus residencias, de tal modo que se considera tomar en cuenta la marca y el tipo de medición que presenta cada muestra, con el fin de entender los datos que marca cada medidor y poder trabajar con ellos en las mismas dimensiones. Pese a que existen muchos tipos de medidores de agua en el mercado, como los de chorro único, de chorro múltiple y volumétricos, todos se centran en presentar un medidor que busque alta precisión a la hora de tomar en cuenta el caudal que fluye a través del sistema [23].

Tabla 8*Cuadro de unidades y marcas de medidores de muestra.*

Marca	Unidades	Ilustración
GENEBRE	m ³ - lt	
D - H	m ³	
DELTA	m ³ - lt	
BERCONTA	m ³	

Como se puede apreciar en la **Tabla 8** existen marcas variadas en Patate y de las cuales algunas solo presentan la medida en metros cúbicos y otras presentan de dos a tres decimales, lo que permite registrar el consumo en litros. Este factor se toma en cuenta para la tabulación buscando estandarizar todos los valores tomados a litros, con el fin de analizar de mejor manera el consumo horario.

3.10 Tabulación y procesamiento de datos

Posterior a la recolección de información de cada muestra, se comienza la tabulación y procesamiento mediante el software Excel. Asimismo, se busca corroborar que todos los valores registrados no presenten datos faltantes ni errores de ningún tipo.

Se divide cada muestra con su tipo de estrato, unidades de medidor y código único para su mejor identificación mediante el formato presentado en la **Figura 12**.

Figura 12

Código usado para cada muestra.



Una vez tabuladas las lecturas que marcan los medidores se procede a la programación para convertir las lecturas en consumos horarios, trabajando en unidades estandarizadas de litros, para una mejor representación en los diagramas de dispersión.

Previo al análisis y procesamiento de datos, se busca trabajar con una curva de consumo elaborada con todas las muestras que presentan una medida en litros, con la finalidad de que sirva de base para el análisis del resto de medidores recolectados.

Como se presenta en la **Figura 13**, la curva de consumo utilizando únicamente los medidores que registran en litros puede proporcionar rangos de análisis, los cuales sirven de guía para el procesamiento del resto de muestras recolectadas, ofreciendo una visión más realista del consumo presente en Patate.

Figura 13

Curva de consumo horario residencial guía con medidores de litros, Patate.

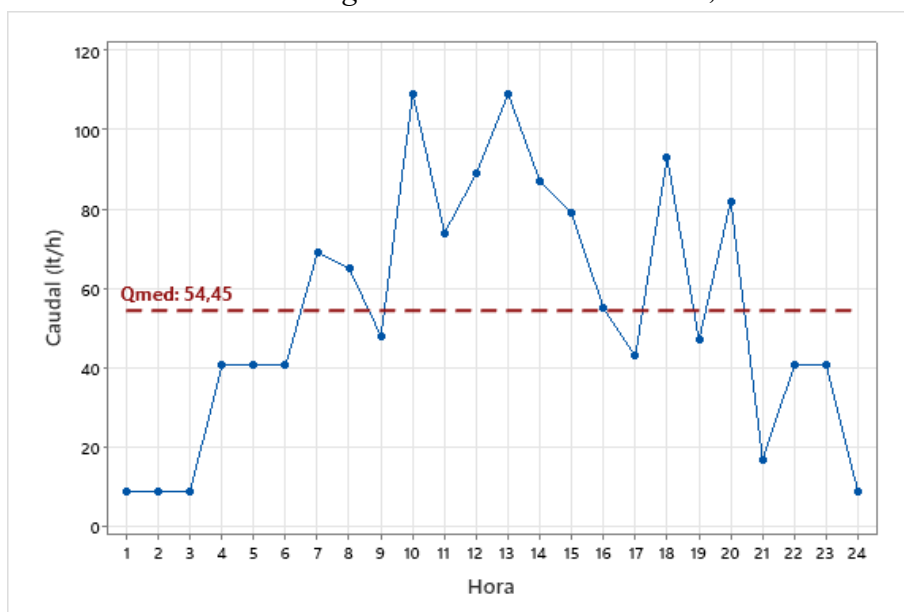


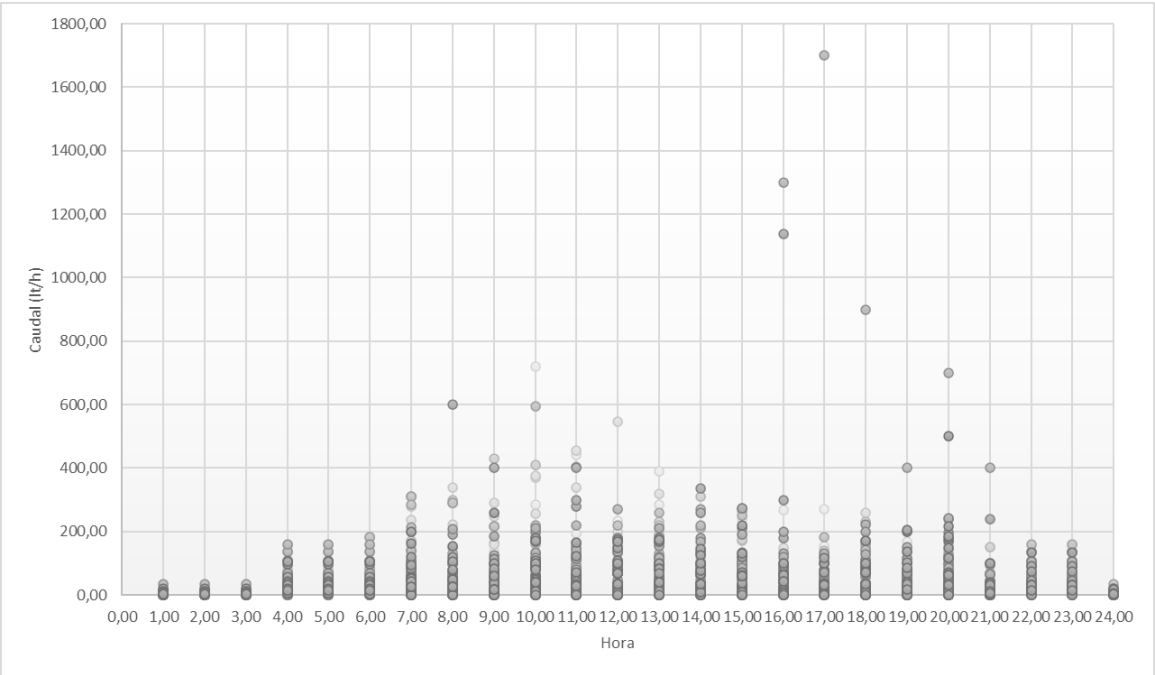
Figura 14

Tabla de consumos por hora en litros, código C13M12.

Horario		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1:00	2:00	0	0	0	0	0	0	0
2:00	3:00	0	0	0	0	0	0	0
3:00	4:00	0	0	0	0	0	0	0
4:00	5:00	45	157	62	0	40	105	106
5:00	6:00	45	157	62	0	40	105	106
6:00	7:00	45	157	62	0	40	105	106
7:00	8:00	22	0	27	30	68	17	57
8:00	9:00	22	31	59	56	28	22	107
9:00	10:00	136	160	25	16	38	0	67
10:00	11:00	34	29	115	34	44	9	91
11:00	12:00	0	37	166	81	68	36	14
12:00	13:00	14	27	162	149	0	5	108
13:00	14:00	25	86	187	41	36	94	167
14:00	15:00	145	139	85	29	23	65	24
15:00	16:00	239	189	175	107	16	133	219
16:00	17:00	269	29	0	30	2	121	62
17:00	18:00	153	35	57	31	0	16	71
18:00	19:00	18	18	85	5	15	86	0
19:00	20:00	0	28	118	14	32	37	69
20:00	21:00	72	41	167	48	72	47	41
21:00	22:00	33	19	35	45	47	66	39
22:00	23:00	157	62	0	40	105	106	45
23:00	0:00:00	157	62	0	40	105	106	45
0:00:00	1:00	0	0	0	0	0	0	0

Figura 15

Gráfico de dispersión de puntos del consumo de agua potable, Patate.



De este modo también se clasifica y separa cada muestra en función del tipo de estrato al que pertenece.

Figura 16

Gráfico de dispersión de puntos del consumo de agua potable, estrato A.

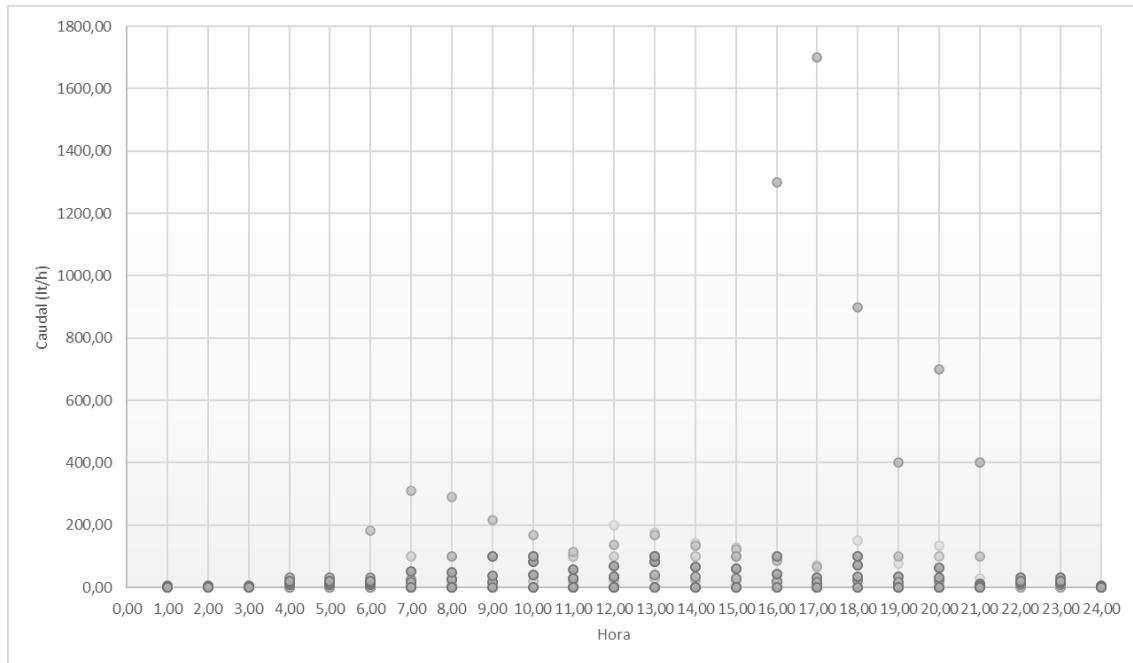


Figura 17

Gráfico de dispersión de puntos del consumo de agua potable, estrato B.

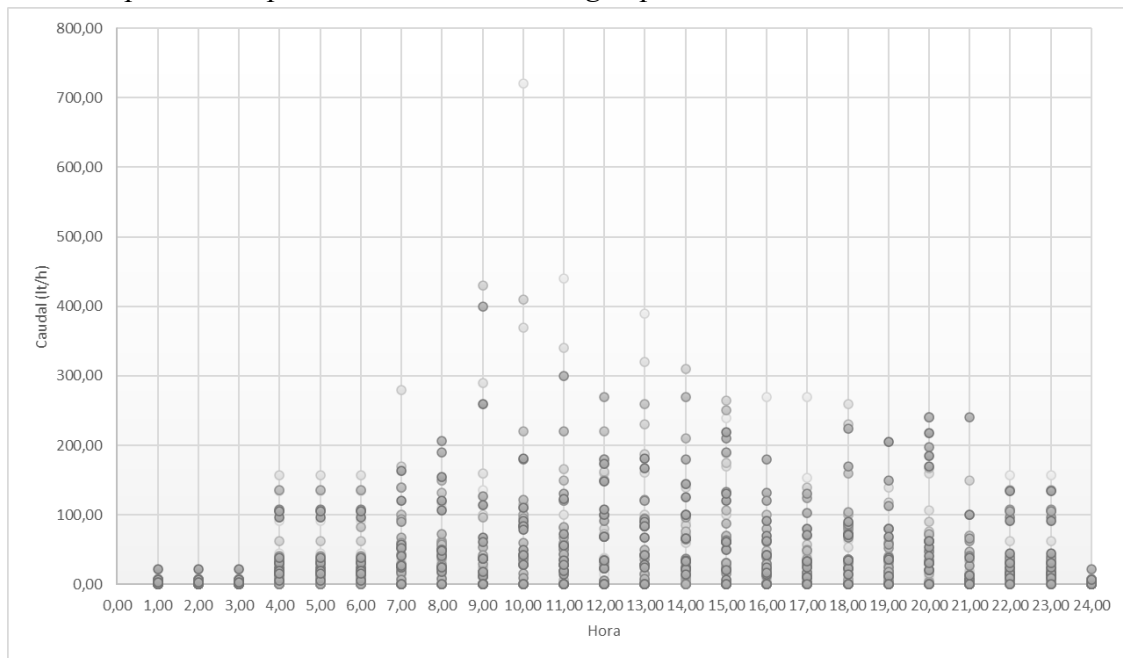


Figura 18

Gráfico de dispersión de puntos del consumo de agua potable, estrato C.

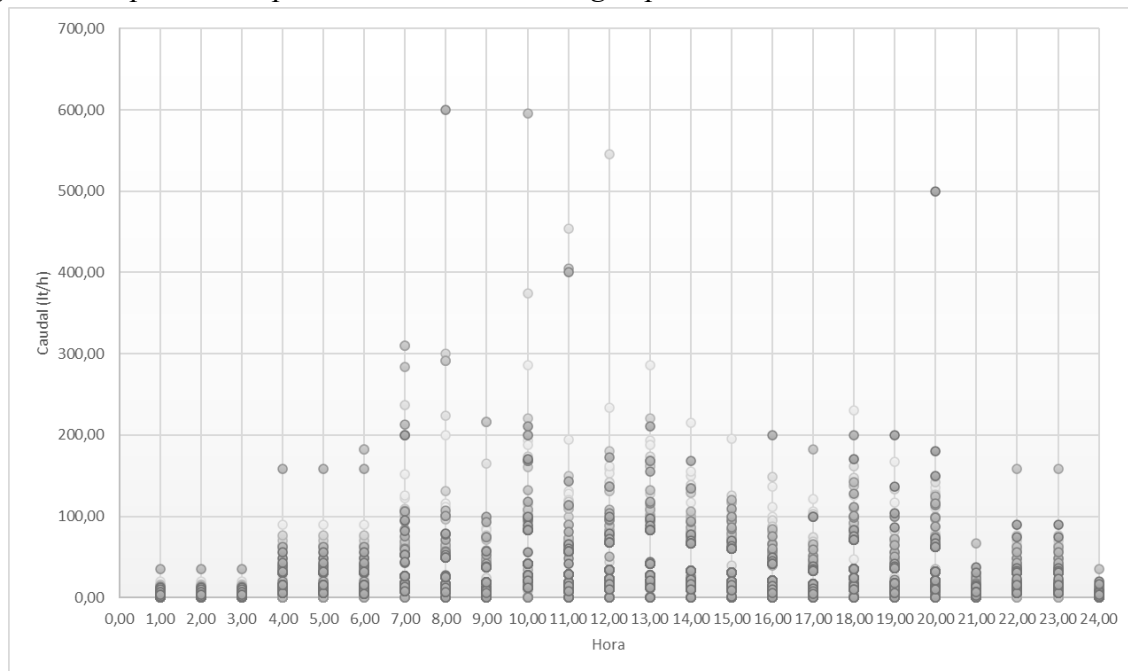
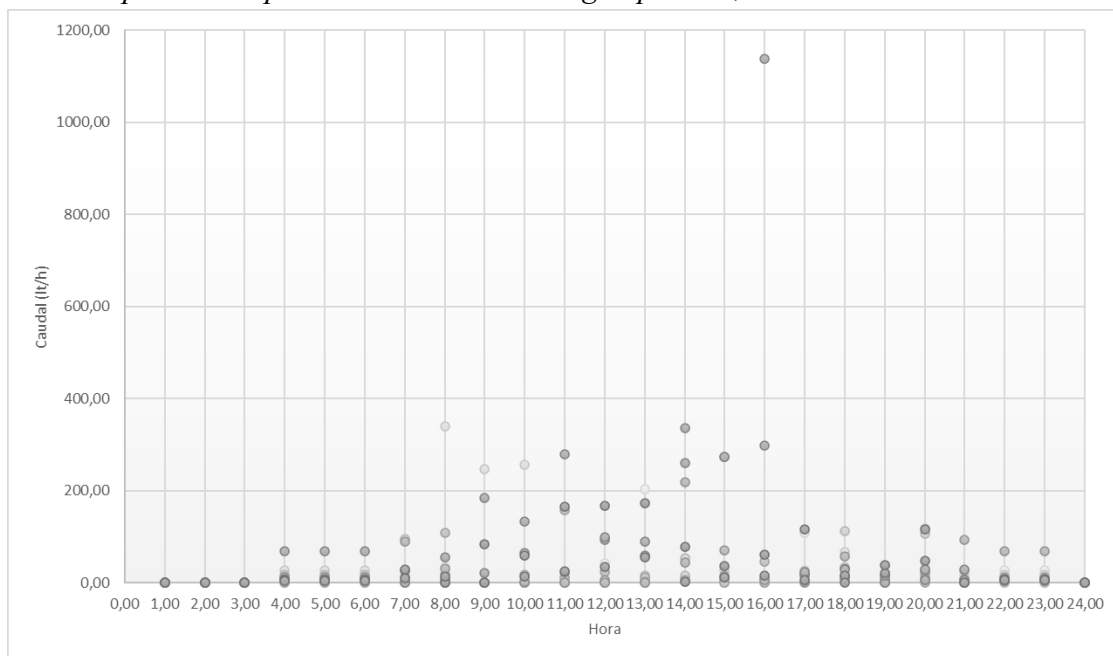


Figura 19

Gráfico de dispersión de puntos del consumo de agua potable, estrato D.



Con los diagramas de dispersión del consumo de agua potable por estrato se puede proseguir con la depuración de valores atípicos y la elaboración del diagrama de cajas y bigotes.

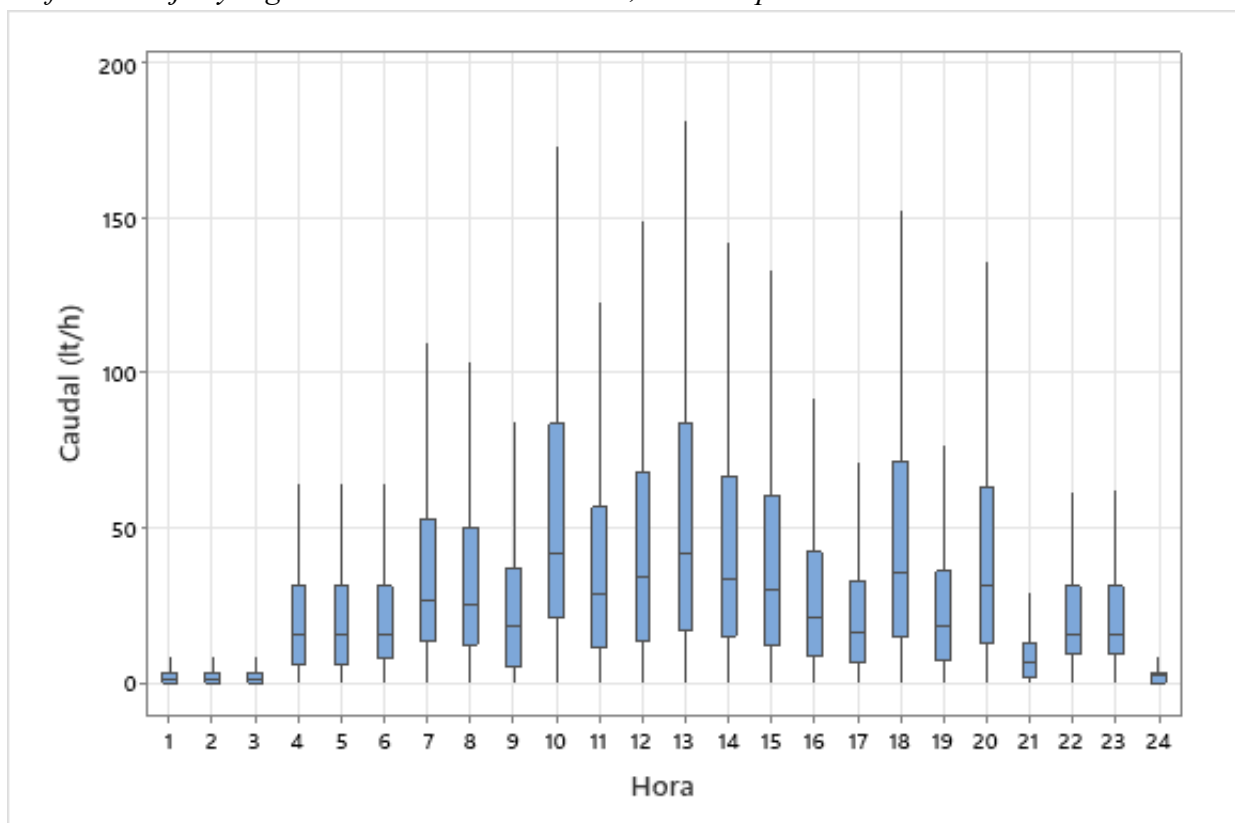
Para facilitar la elaboración del diagrama de cajas se utiliza el software Minitab buscando una mejor visualización de todos los valores atípicos y la depuración de los mismos. Asimismo, el

diagrama entregado por el programa proporciona la mediana y todos los cuartiles para cada horario, siendo el tercer cuartil de los consumos registrados en cada hora usado para la construcción de la curva de consumo. Este dato representa una condición de alto consumo, debido a que el 75 % de los datos se encuentran por debajo o igual a este valor, dejando solo un 25% restante con valores superiores.

Trabajar con el tercer cuartil permite obtener una curva representativa de alta demanda sin depender directamente de valores máximos aislados, los cuales podrían estar atados a errores de lectura, fugas visibles, actividades no habituales o eventos extremos.

Figura 20

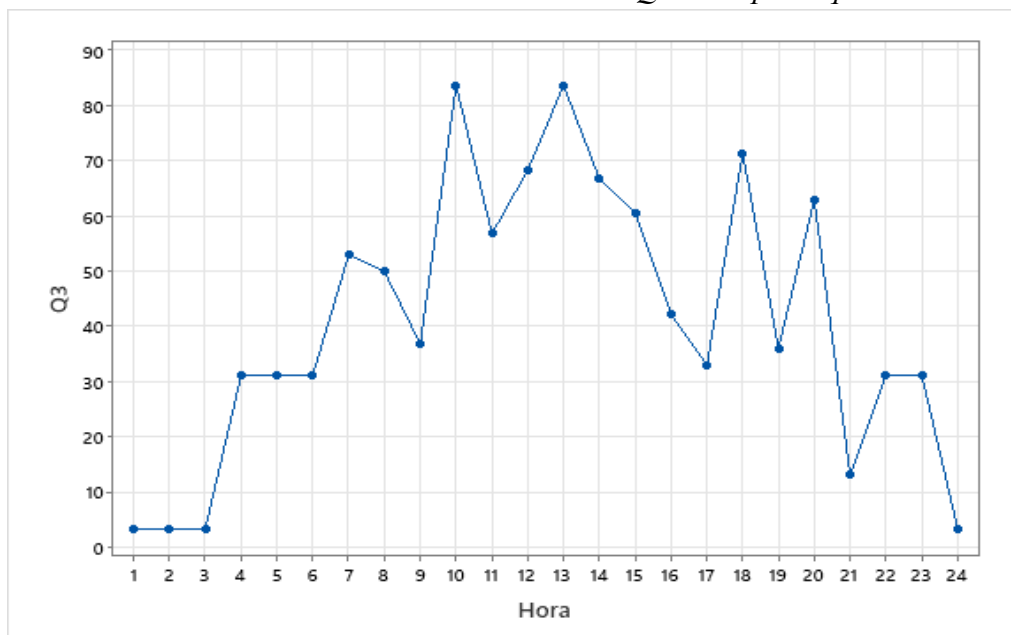
Gráfico de cajas y bigotes de la ciudad de Patate, datos atípicos ocultos.



Con los valores del tercer cuartil para cada hora se procede con la elaboración de la primera curva de consumo de agua potable sin el cálculo del caudal medio, con el fin de visualizar de manera preliminar el comportamiento de la curva y verificar que no presente anomalías o errores de tabulación.

Figura 21

Curva de consumo horario residencial solo con los datos Q3 de la parroquia de Patate.



Como se puede visualizar en la **Figura 21**, los datos tabulados presentan diversos picos de consumo con máximos a las 10h00 y a las 13h00. Asimismo, se presentan consumos elevados en el rango de 18h00 a 20h00, lo cual sugiere que el proceso se realiza de manera correcta.

Para la elaboración de la curva de consumo se necesitan los valores del tercer cuartil, así como el uso de ecuaciones para el cálculo del caudal medio, el caudal de fugas de fondo y el coeficiente de variación de consumo. Para el cálculo del caudal medio se necesita obtener el promedio de los caudales del tercer cuartil de la siguiente manera.

$$Q_{med} = \frac{Q_{h1} + Q_{h2} + Q_{h3} + Q_{h4} + \dots + Q_{h24}}{24} \quad (10)$$

Donde:

Q_{h1} - Q_{h24} : son los valores del tercer cuartil para cada hora que se obtienen del diagrama de cajas y bigotes.

Un punto importante a considerar es la cantidad de agua por fugas no visibles en todos los sistemas de agua potable, llegando a representar un costo significativo para la entidad encargada de dicho servicio como para los residentes de la zona.

De acuerdo con la metodología IWA para el análisis de pérdidas por fugas se debe considerar aspectos como lo son la infraestructura, presión, longitud de red y número de conexiones. Sin embargo, debido a la falta de información obtenida con respecto a estos factores, se opta por considerar un criterio del 20 % del caudal medio, siendo el valor utilizado en estudios previos de consumo horario residencial en varias zonas de Chimborazo, como lo es el estudio realizado por Estrada en el cantón Guano hace algunos años [24], constituyendo un antecedente cercano aplicable para este estudio debido a la cercanía en su ubicación.

A continuación, se procede con la ecuación (3) reemplazando el Q_{med} por el caudal medio más el caudal de fugas de fondo, y el Q_h por el caudal por hora obtenido de cada muestra.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

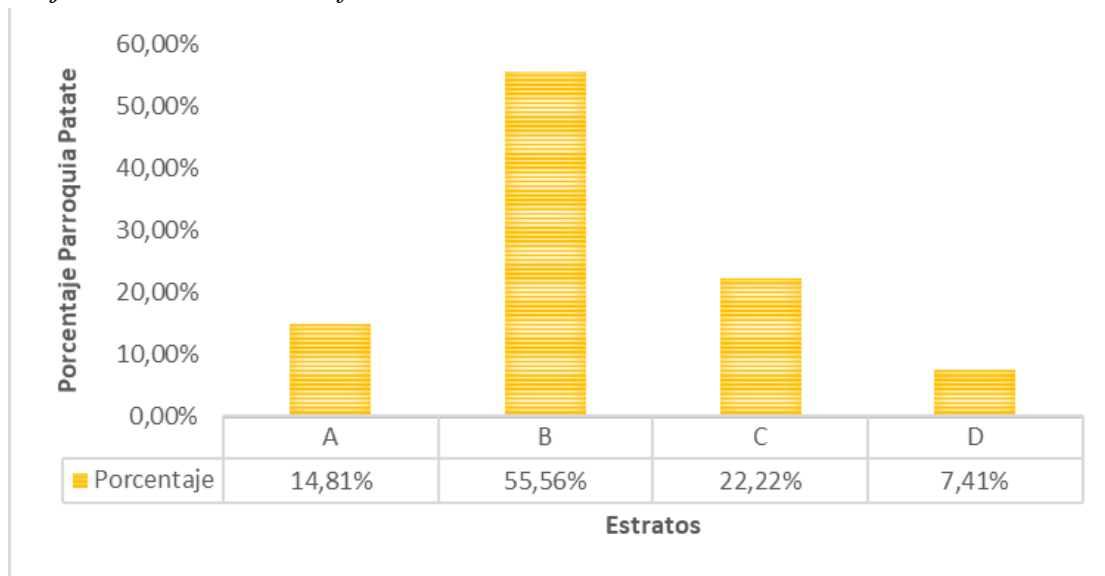
4.1 Factores que inciden en el consumo de agua potable

4.1.1 Estratificación

Mediante la guía propuesta por Arellano [9] se caracterizó toda la zona urbana de Patate, donde se evidenciaron los cuatro estratos, presentando una mayor cantidad de predios del estrato B (ingresos por encima del promedio) como se puede observar en la **Figura 22**.

Figura 22

Porcentaje de manzanas estratificadas en Patate.



Hay que tener consideración con la diversidad de estratos presentes en todo el cantón, puesto que en cantones pequeños no es muy común que se presenten los cuatro estratos como se observa en Patate. Asimismo, el estrato con menor porcentaje de aparición es el estrato D siendo tan solo del 7.41 %.

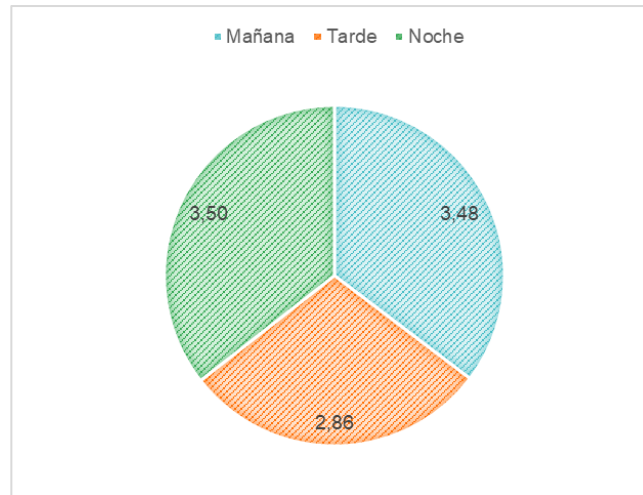
El factor económico, medido mediante la división de los diversos estratos, es determinante en la cantidad de consumo que produce, puesto que, a mayor nivel económico, también aumenta el consumo de agua, en su gran parte a otros usos que pueden ser aplicados como jardines, mascotas, lavadoras, etc. [25].

4.1.2 Cantidad de usuarios

La cantidad de usuarios presentes y el horario en el que se encuentran es un factor muy importante con respecto al consumo de agua potable que se genera por hora, y con el que se puede determinar una demanda per cápita para el sector y contribuir a una mejor gestión del recurso, así como a una dotación más eficiente y equitativa para la comunidad.

Figura 23

Promedio de usuarios en Patate.



Como se puede evidenciar en la **Figura 23**, la cantidad de usuarios presentes en la mañana es de 3.5 usuarios/vivienda, en la tarde es de 2.86 usuarios/vivienda y en la noche es de 3.48 usuarios/vivienda en promedio. Se observa, por tanto, una mayor cantidad de usuarios durante la mañana y noche con un valor de 3.48 – 3.50 usuarios/vivienda, mientras que la cantidad de usuarios presentados en la tarde disminuye alrededor de 0.62 usuarios/vivienda; esto se relaciona posiblemente con actividades comerciales.

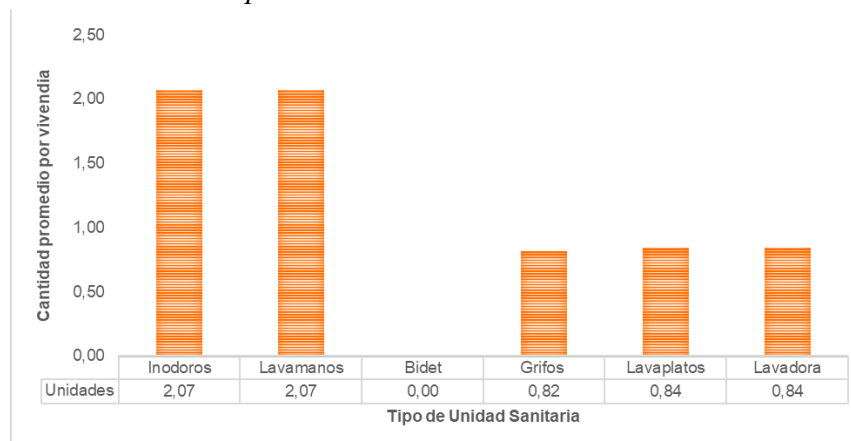
Según Cáceres et al. [25], el consumo de agua está influenciado por el número de usuarios presentes por vivienda y en la cual se expone que existe un consumo alto en viviendas que presentan de 5 a 8 integrantes, mientras que, para viviendas con menor o mayor cantidad de integrantes, tienden a presentar consumos menores y más regulados.

4.1.3 Unidades Sanitarias

Saber el número de unidades sanitarias permite analizar de mejor manera el consumo de agua potable por vivienda, identificando los aparatos sanitarios que necesitan para su funcionamiento, un mayor caudal en comparación a otros y la frecuencia de uso que estos puedan tener por día.

Figura 24

Promedio de unidades sanitarias por vivienda.



La cantidad de inodoros y lavamanos está estrechamente relacionada debido a la usual distribución de los cuartos de baño en las residencias, como se puede evidenciar en la **Figura 24**, con un valor promedio de 2.07 unidades/vivienda para inodoros y lavamanos. Sin embargo, se evidencia la inexistente presencia de bidet en las viviendas, esto posiblemente debido a elevados costos y escasa demanda presentada por las familias en la adquisición de dicha unidad sanitaria en la ciudad.

Los grifos, lavaplatos y lavadoras se encuentran con valores que rondan entre 0.80 y 0.85 unidades/vivienda, siendo un indicador de que no todas las viviendas poseen alguno de estos artefactos, dando más importancia a las unidades sanitarias más imprescindibles como los inodoros y lavamanos.

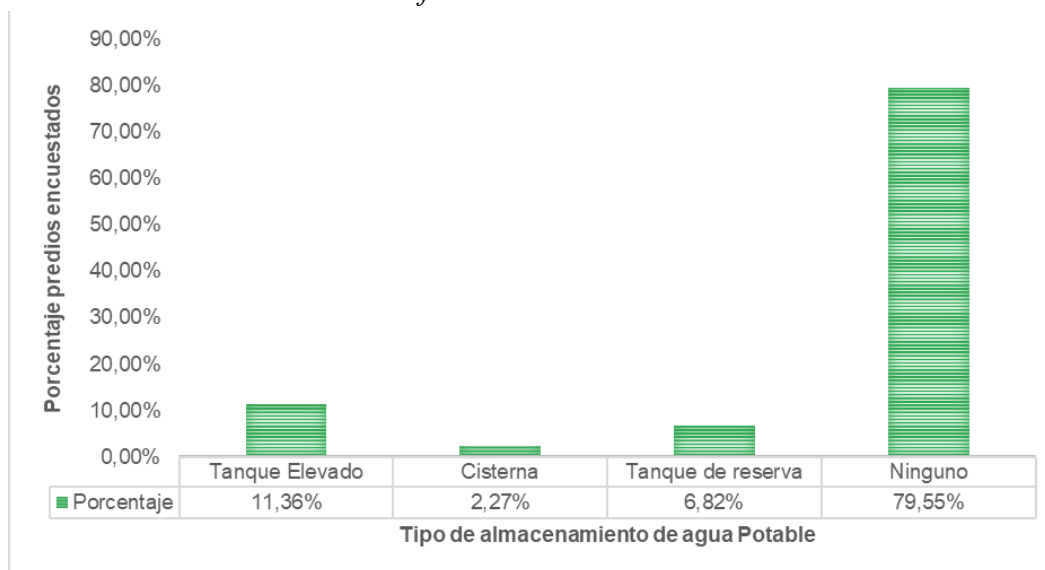
4.1.4 Unidades de almacenamiento

Uno de los factores de mayor importancia para la investigación del consumo horario en Patate, al igual que en otras investigaciones del mismo ámbito, es conocer la existencia y el tipo de unidad de almacenamiento de agua potable que presente una vivienda previa a la toma de datos. Esto con el fin de identificar si la vivienda en cuestión es apta para el análisis del consumo horario o no.

En la ciudad de Patate a simple vista se puede evidenciar una gran cantidad de edificaciones que poseen tanques de almacenamiento. Sin embargo, no todos se encuentran en viviendas, por el contrario, la gran mayoría están destinados a afrontar las temporadas de sequía o de lluvias intensas que puedan afectar las actividades comerciales.

Figura 25

Unidades de almacenamiento en los edificios residenciales de Patate.



Con respecto a las viviendas de la parroquia se puede considerar que un gran porcentaje de las mismas no presenta ningún tipo de unidad de almacenamiento de agua potable con un 79.55%, dependiendo en gran medida del sistema de abastecimiento de agua potable presentado por el GAD de Patate tal como se evidencia en la **Figura 25**. Por otra parte, la unidad de almacenamiento con mayor ocurrencia en la parroquia es el tanque elevado con un 11.36%.

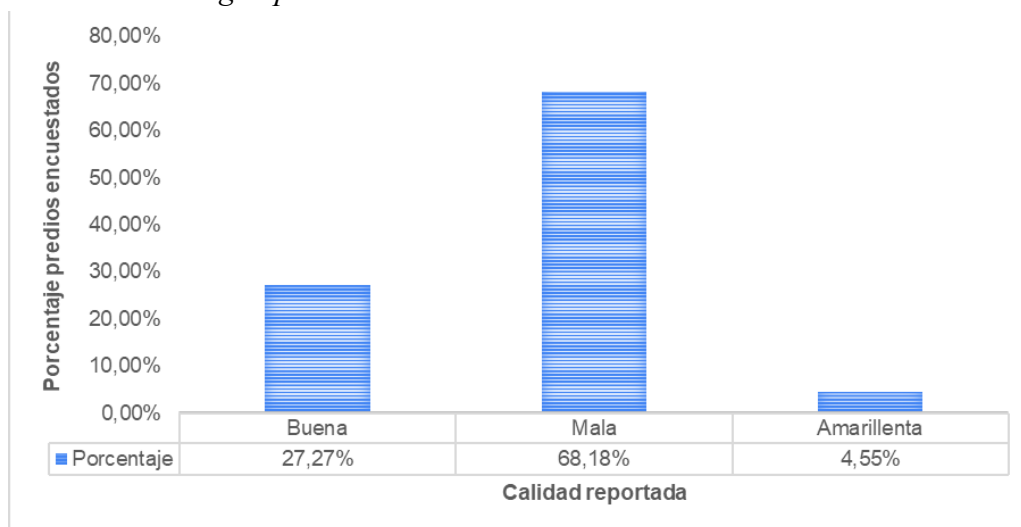
Saber con certeza las viviendas que cuentan o no con unidades de almacenamiento es clave a la hora de analizar las horas de consumo de agua potable, debido a la diferencia presentada en residencias que poseen una unidad de almacenamiento con las que no poseen ninguna. Por ejemplo, si se presenta una vivienda que posee tanque elevado, el cual se llena todos los domingos de cada semana, y se va consumiendo durante la semana, el medidor de agua potable solo estaría presentando un único consumo de agua generado el domingo de una cantidad muy elevada a lo que se pueda presentar en viviendas que no cuentan con unidades de almacenamiento.

4.1.5 Calidad del Agua

Si bien el nivel de servicio del agua, aparentemente no se ve como un factor de relevancia para el consumo de agua potable en un sector, es considerado como un índice que permite identificar diversas variables de utilidad para entender de mejor manera el funcionamiento, problemáticas y riesgos que puede tener el sistema de agua al igual que su influencia en el consumo de los habitantes.

Figura 26

Calidad del servicio de agua potable.



Mediante diversas opiniones y encuestas realizadas en la ciudad de Patate con respecto a la calidad percibida por los usuarios de las viviendas, se puede deducir que, en su gran mayoría, consideran que la calidad del agua potable proporcionada es mala con un 68.18%, además, un 4.55 % la considera como agua amarillenta, y tan solo el 27.27 % la considera que es buena.

Después de indagar con los moradores de la ciudad se llegó a la conclusión de que el agua potable tiende a venir con suciedad en épocas con fuertes precipitaciones, y tiende a mejorar uno o dos meses después de dichas temporadas. Esto se debe, en gran parte, a los daños provocados en el sistema de conducción del agua potable desde las captaciones y la infiltración de sedimentos como tierra, materia vegetal o piedras durante estos eventos.

4.2 Curvas de consumo horario residencial

La curva de consumo horario residencial del cantón Patate, que se obtuvo del estudio realizado, presenta dos picos de consumo máximo de 91.68 l/h a las 10h00 y a las 13h00, con un caudal medio de 49.30 l/h como se muestra en la **Figura 27**.

También se analizó la curva de consumo generada para cada estrato del cantón, donde se pueden resaltar factores por cada curva para un mejor análisis.

- La curva de consumo horario residencial presentada en la **Figura 27** posee varios picos de consumo, entre los cuales los máximos se presentan entre las 10h00 y las 13h00 centrándose más en el horario del mediodía. Asimismo, se presentan dos consumos elevados entre las 18h00 y las 20h00 con valores de 79.44 y 71.02 l/h.
- La **Figura 28** presenta cuatro diferentes curvas de consumo horario residencial para cada estrato, y de las cuales se pueden mencionar diversas características:
 - En la curva de color azul presentada para el estrato A se identifican tres rangos de consumo de agua que destacan sobremanera con el resto de horas; siendo el

rango de 09h00 a 10h00, el rango de 12h00 a 13h00 y el rango de 17h00 a 18h00, los tres picos alcanzan un consumo de 108.32 l/h.

- La curva presentada para el estrato B de color amarillo posee tres principales picos a lo largo del día, siendo el más elevado de 97.98 l/h ubicado entre las 12h00 y las 13h00, representando un poco menos que los consumos presentados a esa hora en el estrato A. Mientras que los otros dos picos los presenta a media mañana y al atardecer ubicados entre las 09h00 y las 10h00 y entre las 17h00 y las 18h00 con consumos de 92.79 l/h y 83.93 l/h respectivamente siendo de gran relevancia para entender su comportamiento.
- Para la curva de consumo del estrato C presentada en color verde, se puede visualizar un consumo muy similar al presentado en el estrato B, con la diferencia de que en esta ocasión se evidencian dos picos máximos en los rangos de 09h00 a 10h00 y de 12h00 a 13h00 con un mismo valor de 91.8 l/h, teniendo un tercer consumo elevado a destacar en el horario de 17h00 a 18h00 con un consumo de 79.56 l/h.
- En contraste con las curvas de consumo presentadas en los demás estratos, el estrato D presenta el pico de consumo más elevado de todos y en un horario diferente al resto, siendo de 120.09 l/h en el rango de 13h00 a 14h00 ubicado una hora después del resto de picos presentados al mediodía en el resto de estratos.

Figura 27

Curva de consumo horario residencial de Patate.

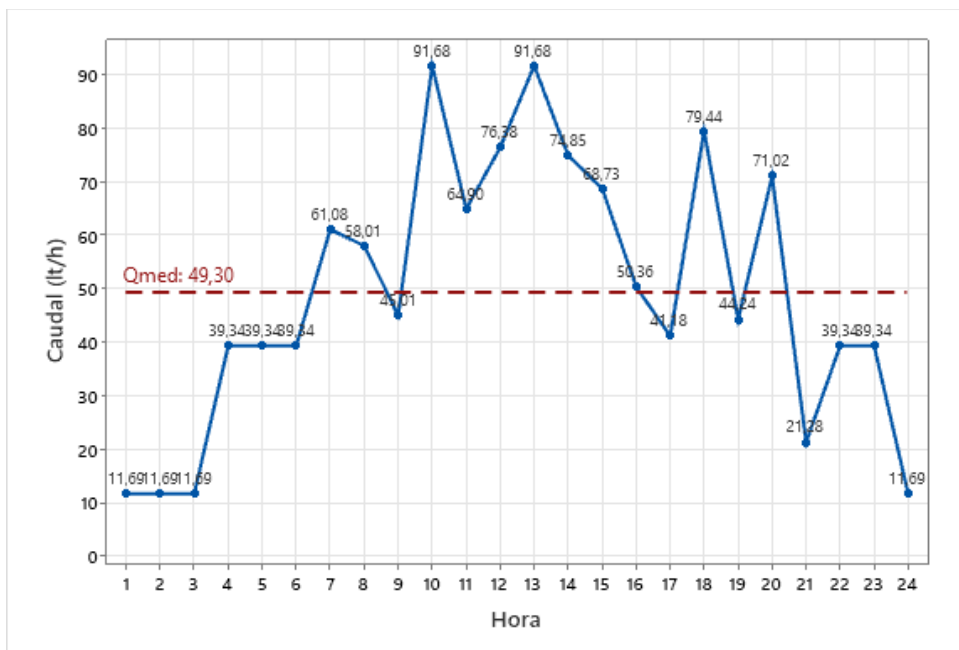
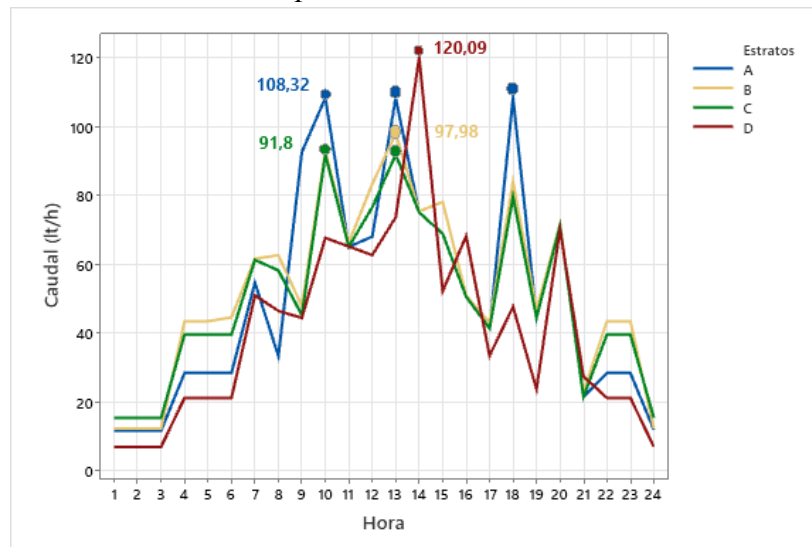


Figura 28

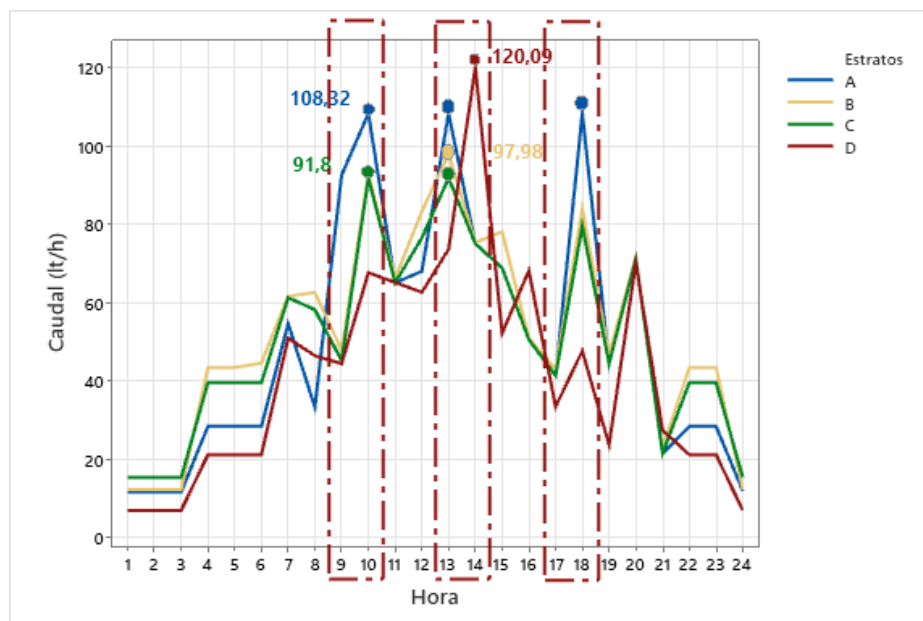
Curva de consumo horario residencial por estratos.



Previo a la presentación de las curvas para cada estrato se puede observar un horario que posee los picos más altos por cada estrato, siendo este de 13h00 a 14h00 con mayor coincidencia horaria en los estratos A, B y C, los cuales presentan sus consumos máximos a las 13h00 mientras que para el estrato D se observa un desfase de una hora, registrándose el pico máximo a las 14h00, como se puede analizar en la **Figura 29**.

Figura 29

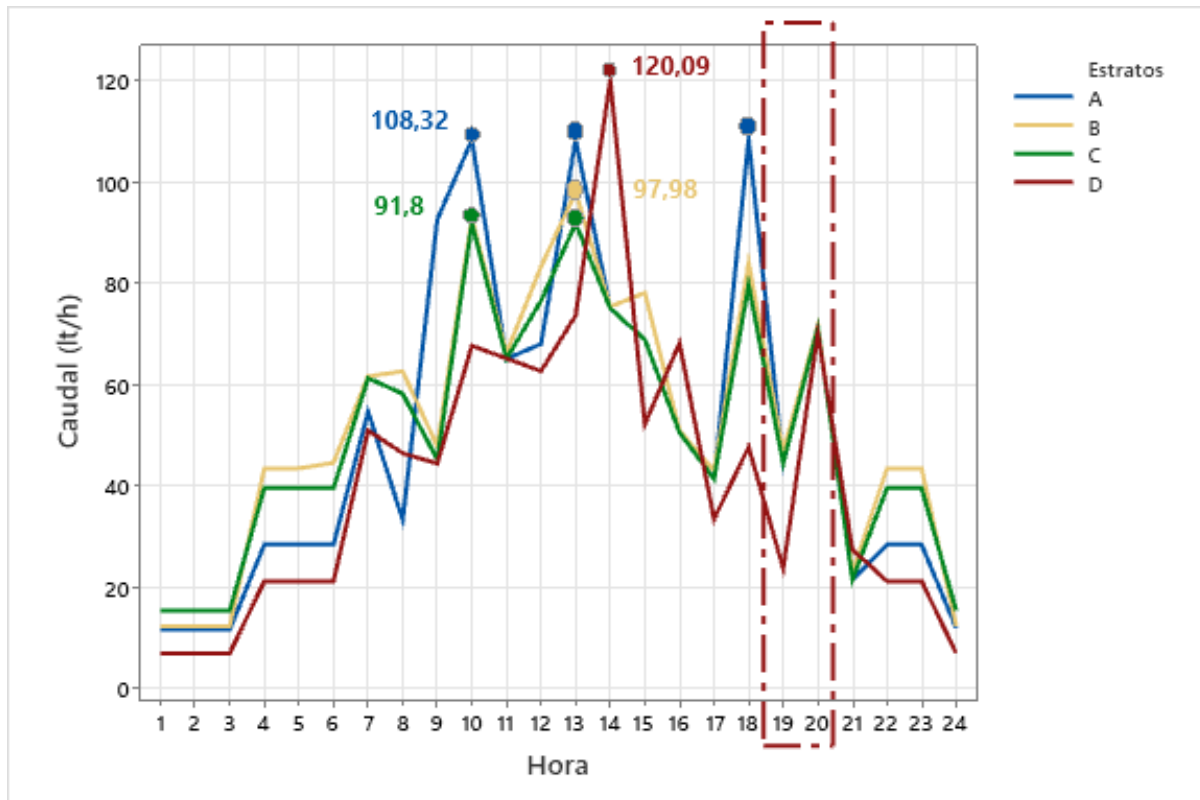
Curva de consumo horario residencial, correlación 1.



No está de más mencionar que las curvas presentan con excepción de la curva para el estrato A, dos picos de consumos un tanto menores a sus máximos, pero de igual relevancia en dos horarios tanto en la mañana como en la tarde ubicados de 09h00 a 10h00 y de 17h00 a 18h00 respectivamente, como se presenta en la **Figura 29**. Sin embargo, la curva presentada para el estrato D es la única que dista del resto presentando solo un segundo consumo de importancia a las 20h00 como se puede visualizar en la **Figura 30**.

Figura 30

Curva de consumo horario residencial, correlación 2.

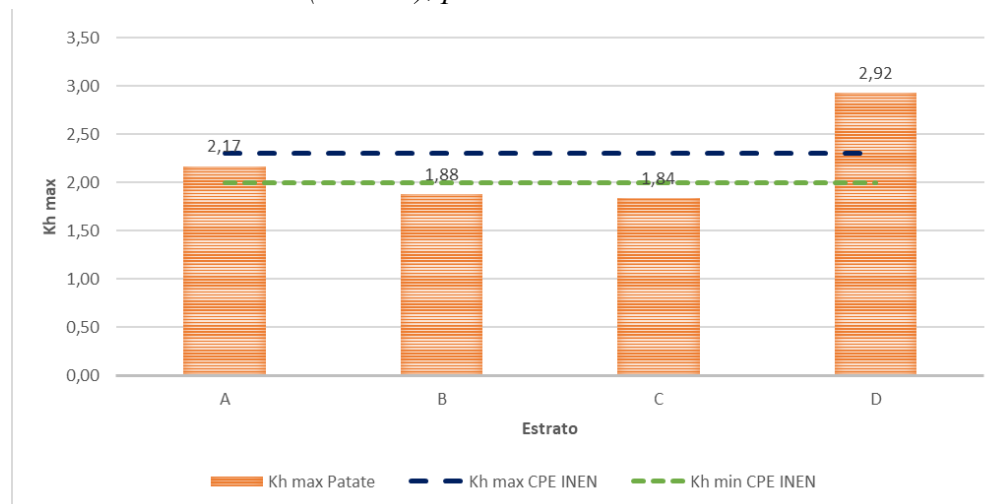


4.3 Comparativa de coeficientes de máximo consumo horario

La normativa CPE INEN 5 presenta una recomendación para el coeficiente de máximo consumo horario (kh máx.) y coeficiente de mínimo consumo (kh mín.); los cuales están en el rango de 2 a 2.3 cuando no se presentan datos de dicha población [5].

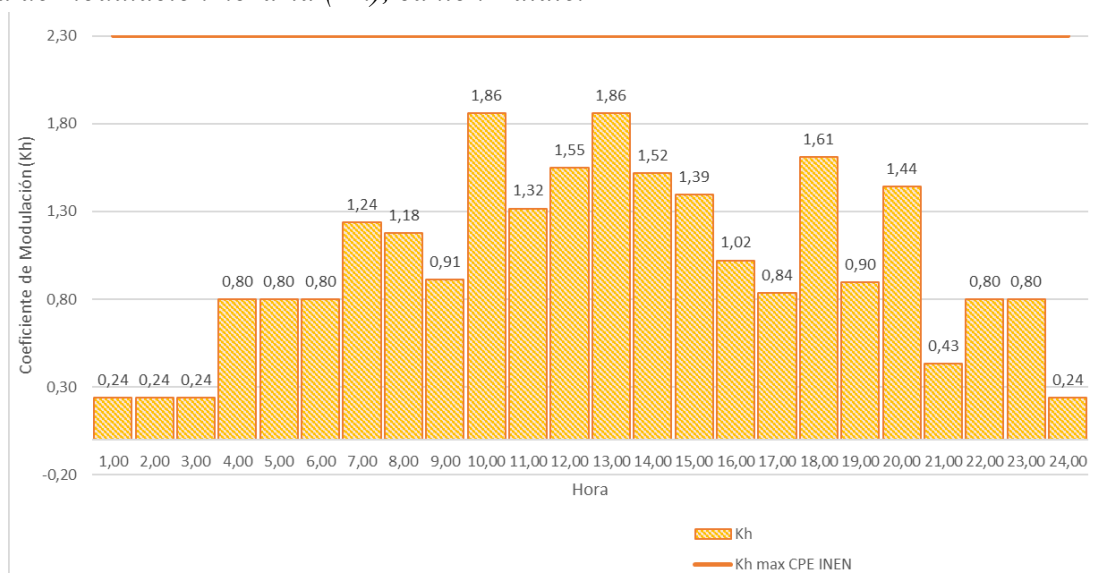
Por lo cual se procedió a calcular y comparar primero los coeficientes de consumo horario máximo de cada estrato con los establecidos en la normativa como se puede observar en la **Figura 31**, donde se puede resaltar el coeficiente de consumo horario máximo de 2.3 presentado por la normativa, no cubre el estrato D con una diferencia de 0.62.

Figura 31
Coeficiente de consumo máximo (Kh max), para Patate.



Con el fin de visualizar de mejor manera los rangos de la normativa en comparación con los coeficientes obtenidos en Patate, se integró el kh máx propuesto por el CPE INEN en la curva de modulación horaria.

Figura 32
Curva de modulación horaria (Kh), cantón Patate.



Como se muestra en la **Figura 32**, el coeficiente presentado por la normativa se encuentra por encima de los kh obtenidos, demostrando que para Patate el rango propuesto por la normativa cubre los resultados obtenidos.

Además de corroborar la veracidad y eficacia de los rangos estipulados en la normativa, se espera que el gráfico expuesto también sea de gran utilidad a la hora de verificar un correcto funcionamiento de la red por medio de diversos criterios de diseño.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

Los resultados muestran que uno de los principales ejes para la interpretación del comportamiento de consumo horario residencial es la estratificación, debido a la presencia de los cuatro estratos socioeconómicos, con predominio del estrato B. Esta característica evidencia que el comportamiento del consumo de agua potable no es uniforme, siendo influenciado por diferencias internas de los hogares y patrones de uso. Asimismo, la variación en la presencia de usuarios dentro de las viviendas aporta contexto para comprender la dinámica residencial observada durante el periodo de estudio.

De la misma manera, los resultados muestran que existe relación entre las condiciones del servicio y de las particularidades operativas de cada vivienda. Teniendo en cuenta también que la presencia de tanques o reservorios se considera una variable importante en la lectura de los medidores, ya que los valores horarios recolectados pueden corresponder al momento de llenado del almacenamiento y no necesariamente al momento real en que el agua es utilizada, modificando la interpretación de la curva de consumo y obligando a considerar que los valores obtenidos no dependen únicamente de los hábitos de los usuarios, sino también de la forma en que el servicio es recibido, almacenado y distribuido.

Debido a que la muestra efectiva fue menor que la muestra mínima planificada, los coeficientes obtenidos deben entenderse como valores técnico representativos, útiles para establecer una referencia local inicial hasta que se pueda validar mediante futuros estudios con una mayor cantidad.

En cuanto al comportamiento horario, la curva general de Patate muestra una concentración del consumo al mediodía, con picos máximos a las 10h00 y 13h00. Sin embargo, al separar los consumos por estratos se observa que los estratos A, B y C comparten picos máximos alrededor del mediodía y presentan consumos elevados adicionales en la mañana y al final de la tarde, mientras que el estrato D presenta su pico máximo en la franja de 13h00 a 14h00 alcanzando el consumo más alto del estudio. Esta diferenciación refuerza la interpretación de que el consumo horario de la parroquia no es homogéneo, sino que responde a factores territoriales y socioeconómicos.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Conclusiones

- Los coeficientes de variación del consumo horario obtenidos para Patate muestran diferencias frente al rango referencial propuesto por la normativa ecuatoriana. Mientras la CPE INEN 5 establece valores de 2 a 2.3 para el coeficiente de consumo horario máximo en poblaciones sin estudios propios, en esta investigación se determinó que dicho rango no representa completamente el comportamiento de la parroquia, debido a que el estrato D alcanzó un coeficiente máximo de 2.92, superando en 0.62 el límite superior normativo. En consecuencia, los coeficientes calculados en el estudio reflejan con mayor precisión la variación horaria real del consumo residencial en Patate.
- Los factores que más incidencia presentaron en el consumo residencial de agua potable en Patate fueron la estratificación, la cantidad de usuarios presentes durante el día, la cantidad de unidades sanitarias por vivienda, la existencia de unidades de almacenamiento y la calidad del agua. Entre ellos, la estratificación constituyó el eje principal del análisis, ya que en la parroquia se identificaron los cuatro estratos socioeconómicos, con predominio del estrato B, que alcanzó el 55.56% de las manzanas evaluadas, evidenciando que el consumo no puede analizarse como un comportamiento uniforme en toda la zona urbana.
- El 79.55% de las viviendas no presentan ningún tipo de unidad de almacenamiento, un detalle que resultó favorable para el análisis del consumo horario. En cuanto a la calidad del agua, se considera un factor importante para comprender el funcionamiento del sistema, ya que el 68.18% de los usuarios la percibe como mala, mientras que el 4.55% la describe como amarillenta. Este problema se asocia principalmente con daños en el sistema durante épocas de fuertes precipitaciones.
- La información recolectada y el tratamiento aplicado a los datos permitieron elaborar de manera adecuada las curvas de consumo horario residencial de Patate. Debido a que en la parroquia coexistían medidores que registraban únicamente en metros cúbicos y otros que permitían lecturas en litros, fue necesario estandarizar todos los registros a litros mediante tabulación y programación, utilizando además una curva guía construida con los medidores que sí presentaban lecturas en litros. Este procedimiento permitió trabajar con una base homogénea de datos y obtener una representación más consistente del consumo horario residencial.
- La curva general mostró una concentración del consumo en las horas medias del día, con picos máximos a las 10h00 y 13h00; sin embargo, el análisis por estratos evidenció que este comportamiento no fue uniforme en toda la parroquia. Presentando para los estratos A, B y C picos máximos alrededor del mediodía y consumos elevados adicionales entre 09h00 y 10h00 y entre 17h00 y 18h00, mientras que el estrato D presentó su pico de máximo consumo en el rango de 13h00 a 14h00, con 120.09 l/h. Por

tanto, la información obtenida permitió establecer no solo la curva general de Patate, sino también las particularidades horarias de consumo según estrato.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda continuar con el estudio aplicado a diversos cantones del país con el fin de poder correlacionar resultados y definir rangos de coeficientes de consumo horario más cercanos a la realidad.
- Para poblaciones de mayores dimensiones o mayor número de habitantes se recomienda contar con más de dos personas para la toma de datos si se propone realizar la toma de datos de forma manual o un mejor equipo si se realizará de manera remota, con el fin de agilizar el proceso y evitar eventos que puedan alterar las muestras.
- Para la etapa de toma de datos se sugiere antes de comenzar, primero notificar y coordinar con las entidades encargadas de agua potable del sector el motivo y el proceso del estudio, buscando no incomodar ni alterar a los residentes ni a ninguna autoridad con la investigación.

REFERENCIAS

- 1] I. N. d. E. y. C. (INEC), «Censo de Población y Vivienda,» Ecuador en Cifras, [En línea]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>. [Último acceso: 10 Noviembre 2025].
- 2] P. turismo, «Tungurahua Turismo,» [En línea]. Available: <https://tungurahuatourismo.com/es-ec/tungurahua/patate/ciudades/patate-turismo-af372e724>. [Último acceso: 11 Diciembre 2025].
- 3] G. M. S. C. d. Patate, «Plan de Desarrollo,» [En línea]. Available: https://patate.gob.ec/index.php/gadmscp/la-alcaldia/plan-de-desarrollo?own_categories=0. [Último acceso: 20 Diciembre 2025].
- 4] G. A. D. P. R. Sucre, «Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Sucre – Cantón Patate,» Agosto 2015. [En línea]. Available: <https://parroquiasucre.gob.ec/docstrans/2017/planificacion/PDOT.pdf>. [Último acceso: 10 1 2026].
- 5] CPE INEN, «Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes,» 1992, pp. 9-1.
- 6] El Comercio, «Patate mejora el agua para apoyar el turismo,» *El Comercio*, 15 septiembre 2010.
- 7] Servicio Nacional de Contratación Pública, «ESTUDIO DEL MEJORAMIENTO DE LA RED DE AGUA POTABLE YANASINTY - MANTELES,» 07 11 2016. [En línea]. Available: https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/EC/resumenContractual1.cpe?cnt=ueLeO_mg70ApBCFo2BHDdAB-PQgA2csYXJ58wpN9n-k%2C&contratoId=69nqdlUI9wDJJWjyYM66qbiQwXRywJBRFhIYvGpGfqY%2C&idSoliCompra=bLARwfvH4rpNQckMGMXqrin3u_5YaD8pB4NcL3uKWH8. [Último acceso: 26 marzo 2026].
- 8] Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, «NUEVA JUNTA DE GOBIERNO - PARLAMENTOS AGUA-GENTE-TRABAJO 2023-2025,» 2023. [En línea]. Available: [//www.tungurahua.gob.ec/images/documentos/RendicionCuentas2023/ProcesoDeRendicionCuentasFaseI/NUEVA%20JUNTA%20DE%20GOBIERNO%20-%20PARLAMENTOS%20%20AGUA-GENTE-TRABAJO%202023-2025.xlsx](https://www.tungurahua.gob.ec/images/documentos/RendicionCuentas2023/ProcesoDeRendicionCuentasFaseI/NUEVA%20JUNTA%20DE%20GOBIERNO%20-%20PARLAMENTOS%20%20AGUA-GENTE-TRABAJO%202023-2025.xlsx). [Último acceso: 27 marzo 2026].
- 9] A. Arellano, M. G. Zúñiga Rodríguez, A. Congacha, L. Espinosa y C. Izurieta, Enfoque interdisciplinario para la gestión sustentable del agua potable y de los desechos sólidos en Ecuador, Riobamba: UNACH, 2024.

- 10] Wikiwater, «E26 - Análisis y calidad del agua. Principales normas e indicadores de potabilidad y de calidad del agua,» Wikiwater, [En línea]. Available: <https://wikiwater.fr/e26-analisis-y-calidad-del-agua>. [Último acceso: 10 1 2026].
- 11] A. Jouravlev, Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI, Santiago: CEPAL, 2004.
- 12] F. Aquae, «¿Cuánto es el consumo de agua por persona en Europa?,» Fundación Aquae, 2021 08 23. [En línea]. Available: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/europa-consumimos-una-media-128-litros-agua-persona-dia/>. [Último acceso: 11 1 2026].
- 13] G. Howard y J. Bartram, «Domestic Water Quantity, Service Level and Health,» Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2003. [En línea]. Available: <https://www.arctic.gov/uploads/assets/watersan6-water-quantity.pdf>. [Último acceso: 11 1 2026].
- 14] D. G. M. SILVA, J. G. ERAZO y A. M. O. CRUZ, «Eficiencia en el consumo de agua de uso residencial,» vol. 11, n° 21, pp. 23-38, 2012.
- 15] O. F. AGUILAR, «Modelo de pronóstico del consumo de agua potable,» Centro de Estudios Multidisciplinarios, Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), 2003.
- 16] C. N. d. A. (CONAGUA), «Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado (Libro 4),» 16 Noviembre 2015. [En línea]. Available: <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf>. [Último acceso: 13 1 2026].
- 17] L. J. MEJIA PAZMIÑO, «Caracterización de la curva de consumo diario de agua potable de los sectores La Cocha y El Loreto del cantón Latacunga,» 2023.
- 18] F. I. Arreguín, V. H. Alcocer Yamanaka y D. S. Hernández Padrón, «Modelación de redes de agua potable con enfoques determinísticos y estocásticos,» *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. 1, n° 4, pp. 119-136, 2010.
- 19] C. A. Bonilla-Granados, L. V. Tarazona y A. D. Caicedo, «Análisis estadístico del consumo de agua potable residencial en Toledo, Colombia,» *BISTUA Rev. FCB*, vol. XX, n° 1, pp. 70-75, 2022.
- 20] M. Zúñiga, E. Calderón, M. I. Tello, A. Andrade y A. Arellano, «Methodology for the Generation of Hourly Residential Drinking Water Consumption Curves and Their Relationship with the Consumption of Socioeconomic Strata,» *Civil Engineering and Architecture*, vol. 12, n° 4, pp. 2532-2546, 2024.
- 21] M. G. Zúñiga, M. Avilés, A. Lamiña y C. Izurieta, «Estudio del comportamiento del consumo horario residencial de agua potable en el cantón Guano parroquia el Rosario,» *Novasinergia*, vol. 7, n° 2, pp. 18-35, 2024.

- 22] L. M. Alulema Román y H. S. Estrada Barahona, *Estudio del consumo horario residencial de agua potable en las redes Saboya; Veranillo; Maldonado; Piscina de la ciudad de Riobamba*, Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo, 2023.
- 23] Gobierno de Aragón, «Contadores de agua,» 24 11 2025. [En línea]. Available: <https://www.aragon.es/-/contadores-de-agua>. [Último acceso: 15 1 2026].
- 24] H. P. Estrada Vizuite, *Diseño del sistema de agua potable de la parroquia El Rosario del cantón Guano, provincia de Chimborazo, Ecuador*, Universitat Politècnica de València, 2019.
- 25] S. Huaquisto Cáceres y I. G. Chambilla Flores, «Análisis del consumo de agua potable en el centro poblado de Salcedo, Puno,» *Investigación & Desarrollo*, vol. 19, nº 1, p. 133–144, 2019.
- 26] I. BONOLA-ALONSO, «Comportamiento de medidores ante flujo de agua con sedimentos: diseño experimental y pruebas,» vol. 2, nº 2, pp. 97-110, 2011.

ANEXOS

Anexo 1

Evidencia fotográfica del proceso de toma de datos en campo.



Anexo 2

Tabla de clasificación de manzanas residenciales para la ciudad de Patate.

ASIGNACIÓN Y DESCARTE DE MANZANAS RESIDENCIALES							
CANTÓN	PATATE	CANTIDAD POR MANZANA		PORCENTAJES			RESIDENCIAS OK
SITUACIÓN	MANZANA	RESIDENCIAS	TOTAL	% RESIDENCIAL	% COMERCIAL	% BALDIO	
OK	1	4	8	50%	13%	38%	4
OK	2	10	12	83%	8%	8%	10
OK	3	2	3	67%	0%	33%	2
OK	4	5	8	63%	13%	25%	5
OK	5	7	12	58%	33%	8%	7
OK	7	12	19	63%	16%	21%	12
OK	10	7	8	88%	0%	13%	7
OK	11	4	8	50%	13%	38%	4
OK	12	13	20	65%	25%	10%	13
OK	13	9	16	56%	25%	13%	9
OK	15	5	7	71%	14%	14%	5
OK	16	7	10	70%	0%	20%	7
OK	19	8	12	67%	8%	25%	8
OK	20	9	16	56%	25%	19%	9
OK	23	6	12	50%	8%	42%	6
OK	24	2	4	50%	0%	50%	2
OK	25	13	16	81%	13%	6%	13
OK	31	5	8	63%	13%	25%	5
OK	32	6	9	67%	33%	0%	6
OK	46	6	9	67%	11%	11%	6
OK	51	9	15	60%	13%	27%	9
OK	52	3	6	50%	0%	50%	3
OK	53	15	20	75%	15%	10%	15
OK	54	4	7	57%	0%	43%	4
OK	57	14	20	70%	15%	15%	14
OK	58	10	14	71%	0%	21%	10
OK	62	4	6	67%	33%	0%	4
TOTAL	66	353					199

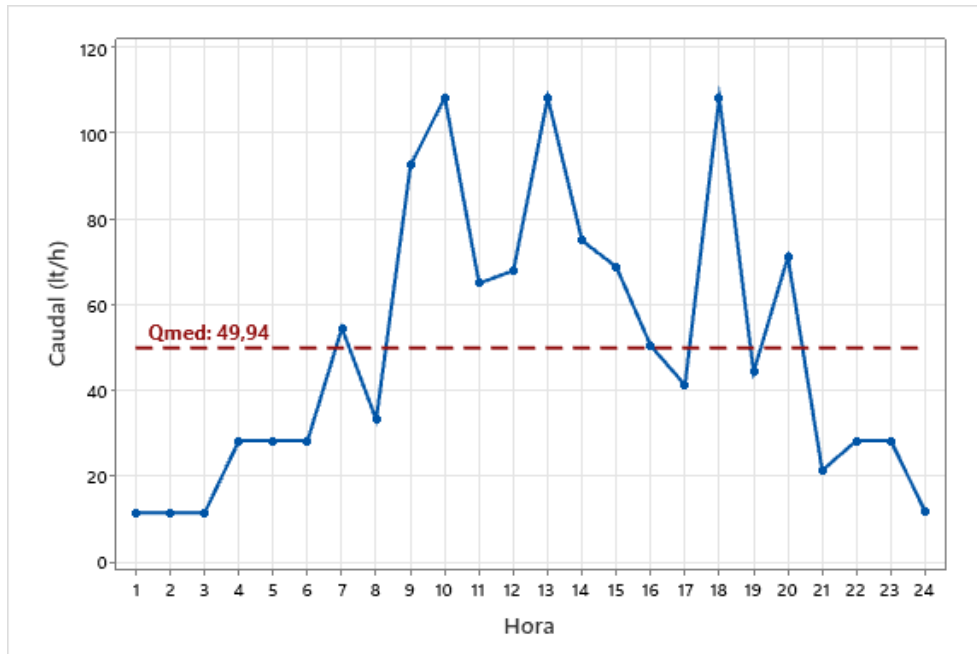
Anexo 3

Clasificación socioeconómica por vivienda, muestra C9M51.

Pregunta	Datos		Calificación
	# Per. Aportan	# Per. No Aportan	
4, 5	1	1	25
	Tipo de Vivienda	Propia(P); Arrendada(A); Heredada(H); Prestada(PT)	Calificación
12	P		20
	Vehiculos personales	Vehiculos Trabajo	Calificación
13	0	0	0
	# Servicios Existentes	Agua P; Luz Elec; Telefono Conv; Alcantarillado; Alumbrado P; Recolección B	Calificación
14	6		6
		Total:	51
Codigo	C9M51	Estrato:	C

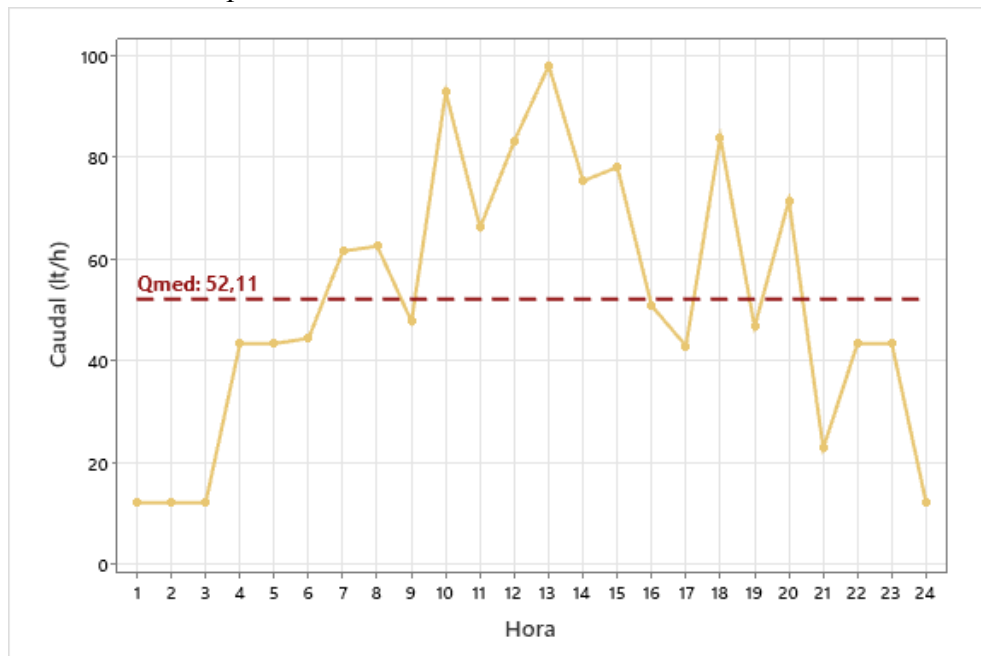
Anexo 4

Curva de consumo horario para el estrato A.



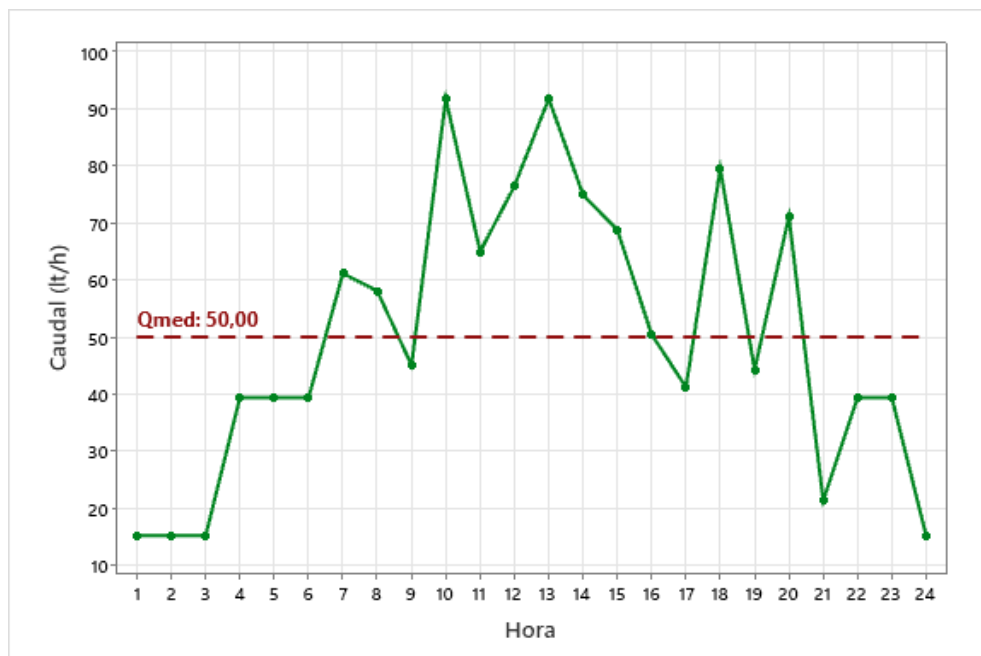
Anexo 5

Curva de consumo horario para el estrato B.



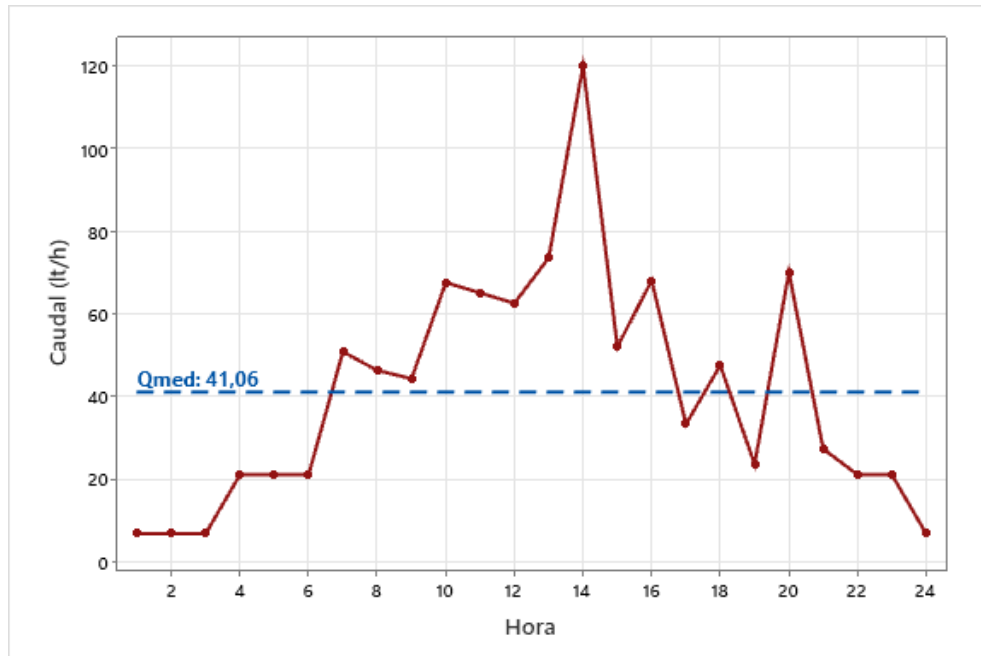
Anexo 6

Curva de consumo horario para el estrato C.



Anexo 7

Curva de consumo horario para el estrato D.



Anexo 8

Plano del catastro trazado de la ciudad de Patate.

