



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

EVALUACIÓN Y REPOTENCIACIÓN DE LA CONDUCCIÓN, PLANTA DE  
TRATAMIENTO Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA, DE LA JUNTA DE AGUA  
POTABLE DE VICTORIA DEL PORTETE Y TARQUI, PROVINCIA DEL AZUAY,  
ECUADOR

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniera Civil

AUTORAS: LEIDY MABEL CABRERA CABRERA  
SARA ÑUSTA SARANGO GUALÁN  
TUTOR: ING. CHRISTIAN PAÚL MERA PARRA, MSc.

Cuenca - Ecuador

2025

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotras, Leidy Mabel Cabrera Cabrera con documento de identificación N° 1150369708 y Sara Ñusta Sarango Gualán con documento de identificación N° 1105208365; manifestamos que:

Somos las autoras y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 25 de julio del 2025

Atentamente,

---

Leidy Mabel Cabrera Cabrera

1150369708

---

Sara Ñusta Sarango Gualán

1105208365

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotras, Leidy Mabel Cabrera Cabrera con documento de identificación N° 1150369708 y Sara Ñusta Sarango Gualán con documento de identificación N° 1105208365, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del Proyecto técnico: “Evaluación y repotenciación de la conducción, planta de tratamiento y sistema de distribución de agua, de la Junta de Agua Potable de Victoria del Portete y Tarqui, provincia del Azuay, Ecuador”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 25 de julio del 2025

Atentamente,

---

Leidy Mabel Cabrera Cabrera

1150369708

---

Sara Ñusta Sarango Gualán

1105208365

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Christian Paúl Mera Parra con documento de identificación N° 1804404034, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: EVALUACIÓN Y REPOTENCIACIÓN DE LA CONDUCCIÓN, PLANTA DE TRATAMIENTO Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA, DE LA JUNTA DE AGUA POTABLE DE VICTORIA DEL PORTETE Y TARQUI, PROVINCIA DEL AZUAY, ECUADOR, realizado por Leidy Mabel Cabrera Cabrera con documento de identificación N° 1150369708 y por Sara Ñusta Sarango Gualán con documento de identificación N° 1105208365, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 25 de julio del 2025

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:  
CHRISTIAN PAUL MERA  
PARRA

Validar únicamente con FirmaEE

---

Ing. Christian Paúl Mera Parra, MSc.

1804404034

## DEDICATORIA

Primeramente, agradezco a Dios y a la Virgen del Cisne por haberme permitido cumplir uno de mis más anhelados sueños.

Esta tesis la dedico con todo mi amor a los tres pilares fundamentales de mi vida, quienes han estado siempre a mi lado brindándome su apoyo incondicional:

A mi padre, Luis Cabrera, gracias por tu esfuerzo incansable, por estar ahí incluso cuando las circunstancias eran difíciles. Siempre me has acompañado, sin importar cuánto sacrificio implicara. Gracias por todo, papi; por ello te estaré eternamente agradecida.

A mi madre, María Cabrera, mi más grande amor. Este esfuerzo te lo dedico a ti, por ser esa mujer que siempre me inculcó valores, creyó en mí y me dio fuerzas durante esta etapa. Gracias por tus palabras llenas de ánimo, por tus “tú puedes, niña”, por tu paciencia, por esperarme cada fin de semana con un abrazo lleno de amor. Has sido mi refugio en los momentos difíciles.

Gracias, por tanto, mami.

A mi hermana, Dania, gracias por estar siempre conmigo, por aguantar mis momentos de estrés. Tu cariño y compañía siempre alegraron mis días difíciles. Esta meta también es tuya, mi niña.

Y a mis angelitos en el cielo, Me hubiera encantado tenerlos aquí, pero sé que, de alguna forma, me acompañan y se sienten orgullosos de mí con amor eterno.

A mis Tíos Marco y Flavio gracias por su apoyo y por estar siempre conmigo

A Jhoel, gracias, por tanto, por apoyarme en su momento y formar parte de este proceso. A pesar de la distancia, siempre estuviste pendiente de mí.

Finalmente, a aquellas personas que estuvieron conmigo que formaron parte de este proceso, y a mi amiga y compañera de tesis, Sarita, gracias por tu compañía, por tus palabras y por haber compartido parte de tu tiempo conmigo.

*Leidy Mabel Cabrera Cabrera*

## DEDICATORIA

Dedico este logro a mis dos grandes amores, razón de mi vida: mis padres, Juan y Mariana, quienes con amor infinito me enseñaron a ser perseverante y a sobresalir en cada paso que doy. A pesar de la distancia, siempre estuvieron presentes en mis momentos más difíciles, brindándome su apoyo emocional y espiritual. A ustedes, que sin importar el cansancio me acompañaron incluso en las madrugadas, les entrego esta tesis con todo mi corazón. Son y serán siempre mi mayor orgullo y admiración. Los amo profundamente. Yupaychani

A mis hermanos, por ser mis compañeros de vida. Gracias por su cariño incondicional, por su presencia constante, y por las palabras de aliento. A mi sobrina Kiara, una personita que llegó a tener un enorme significado en mi vida, siendo una fuente de alegría y motivación constante para seguir adelante, a mi tía Sandra, por su apoyo incondicional durante este proceso de formación.

Y a mi amiga y compañera de tesis, Leidy, gracias por tu perseverancia, por tu apoyo sincero, y por estar presente también en los momentos difíciles. Compartir este camino contigo ha sido una experiencia valiosa que siempre recordaré con gratitud.

A todos ustedes, gracias infinitas. Este logro también es suyo.

*Sara Ñusta Sarango Gualán*

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos profundamente a Dios, por guiarnos y brindarnos fortaleza a lo largo de este camino, permitiéndonos culminar con éxito esta etapa académica.

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento al Ing. Christian Mera, tutor de este trabajo de titulación, por compartir generosamente sus conocimientos, por su orientación constante y por hacer de este proyecto una experiencia enriquecedora tanto en lo académico como en lo personal.

Extendemos también nuestro agradecimiento a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Civil, quienes con su dedicación y compromiso formaron parte esencial de nuestra formación profesional. En especial, agradecemos a la Ing. Maria Soledad Gutiérrez, por su disposición y apoyo en la resolución de dudas durante el desarrollo de este proyecto. Asimismo, agradecemos al Departamento de Vinculación con la Sociedad de la Universidad Politécnica Salesiana, por brindarnos la oportunidad de participar en proyectos con impacto social, permitiéndonos aplicar nuestros conocimientos en beneficio de la comunidad.

A todos, gracias por ser parte fundamental de este proceso.

*Leidy Cabrera y Sara Sarango*

## **Resumen**

Victoria del Portete y Tarquí, parroquias rurales del cantón Cuenca, han experimentado un notable crecimiento poblacional en los últimos años, lo que ha incrementado la demanda de agua potable. La Junta Administradora de Agua Potable, encargada del servicio, enfrenta limitaciones operativas que afectan la continuidad y calidad del suministro.

El sistema presenta deficiencias como baja presión, caudales insuficientes, velocidades hidráulicas menores a 0.45 m/s y presiones negativas en zonas altas. Además, se registran vaciados de tanques en horas pico, agravadas por el uso no doméstico del agua.

El objetivo del estudio fue evaluar la infraestructura existente línea de conducción, planta de tratamiento y red de distribución y proponer una repotenciación integral del sistema, basada en criterios técnicos y demográficos. Se aplicaron levantamientos topográficos, mediciones horarias y modelaciones hidráulicas con WaterGEMS, considerando una proyección poblacional a 30 años. La propuesta incluye dos líneas de conducción de 200 mm, válvulas reguladoras, estaciones de rebombeo, rediseño de la red y tanques, para atender una población proyectada de 14.576 habitantes al 2055.

**Palabras Clave:** Agua, Repotenciación, Evaluación, Caudal, Simulación



## **Abstract**

Victoria del Portete and Tarqui, rural parishes in the Cuenca canton, have experienced significant population growth in recent years, which has increased the demand for potable water. The local Water Administration Board, responsible for the service, faces operational limitations that affect the continuity and quality of supply.

The system presents deficiencies such as low pressure, insufficient flow rates, hydraulic velocities below 0.45 m/s, and negative pressures in elevated areas. Additionally, there are tank depletions during peak hours, worsened by non-domestic water use.

The objective of this study was to evaluate the existing infrastructure including the transmission line, treatment plant, and distribution network and propose a comprehensive system improvement based on updated technical, hydraulic, and demographic criteria. The methodology included topographic surveys, hourly consumption measurements, and hydraulic modeling using WaterGEMS, considering a 30-year population growth projection.

The proposed solution includes two parallel 200 mm transmission lines, pressure-regulating valves, pumping stations, network redesign, and tank resizing, aiming to serve a projected population of 14,576 inhabitants by the year 2055.

**Keywords:** Water, Upgrading, Evaluation, Flow, Simulation

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	Introducción .....	20
2.	Antecedentes .....	21
3.	Justificación .....	24
4.	Objetivos .....	25
4.1.	Objetivo General .....	25
4.2.	Objetivos Específicos .....	25
5.	Marco Conceptual .....	25
5.1.	Descripción general .....	25
5.1.1.	Cobertura geográfica del proyecto .....	25
5.1.2.	Ubicación geográfica de la zona de estudio .....	27
5.2.	Sistema de abastecimiento agua potable .....	28
5.3.	Redes de distribución .....	28
5.3.1.	Tipos de red .....	28
5.3.2.	Componentes de la red .....	30
5.4.	Catastro técnico de la red .....	33
5.5.	Análisis de la demanda poblacional .....	34
5.5.1.	Tasa de crecimiento .....	34
5.5.2.	Proyección poblacional .....	34
5.5.3.	Densidad poblacional .....	34

5.5.4.	Dotación poblacional .....	35
5.6.	Consumo de agua.....	36
5.6.1.	Consumo de agua en el sector urbano.....	36
5.6.2.	Consumo de agua en el sector rural .....	36
5.7.	Curva de consumo.....	37
5.8.	Base de diseño.....	38
5.8.1.	Periodo de diseño.....	38
5.8.2.	Presiones mínimas y máximas en la red .....	38
5.8.3.	Velocidades de diseño.....	39
5.8.4.	Caudal de diseño .....	39
5.8.5.	Vida útil del sistema.....	39
5.8.6.	Fugas.....	40
5.8.7.	Factores que influyen en el rendimiento del sistema de distribución .....	40
5.9.	Evaluación del sistema hidráulico .....	40
5.10.	WaterGEMS.....	40
5.11.	Modelación hidráulica .....	41
5.11.1.	Modelo hidráulico de redes.....	41
5.11.2.	Modelación en periodo estático .....	42
5.11.3.	Modelación en periodo extendido.....	43
5.12.	Repotenciación del sistema hidráulico.....	43

	12
5.13. Análisis de precios unitarios .....	44
6. Metodología .....	44
6.1. Datos preliminares .....	44
6.1.1. Revisión bibliográfica:.....	44
6.1.2. Catastro de usuarios .....	45
6.1.3. Delimitación del área de estudio.....	45
6.1.4. Delimitación de la nueva área de estudio .....	47
6.1.5. Tasa de crecimiento .....	47
6.1.6. Proyección poblacional.....	49
6.1.7. Dotación poblacional .....	53
6.1.8. Determinación del Tamaño de Muestra.....	55
6.1.9. Coordinación técnica y logística del trabajo de campo .....	56
6.2. Información de campo .....	57
6.2.1. Selección de viviendas.....	57
6.2.2. Registro de volumen .....	58
6.2.3. Levantamiento topográfico del polígono de cobertura .....	59
6.2.4. Georreferenciación de usuarios.....	61
6.3. Trabajo de oficina .....	62
6.3.1. Cálculo del volumen de consumo por sectores.....	62
6.3.2. Fugas.....	64

6.3.3.	Dotación.....	64
6.3.4.	Dotación con fugas .....	64
6.3.5.	Caudales de diseño.....	65
6.3.6.	Curva de consumo horario .....	65
6.3.7.	Modelamiento topológico .....	67
6.4.	Evaluación del sistema hidráulico .....	72
6.4.1.	Evaluación del sistema de conducción .....	72
6.4.2.	Evaluación de la planta se tratamiento.....	73
6.4.3.	Evaluación de la red de Distribución .....	74
6.5.	Configuraciones Hidráulicas realizadas.....	75
6.5.1.	Tuberías.....	75
6.5.2.	Tanques de almacenamiento.....	78
6.5.3.	Asignación de elevación .....	79
6.5.4.	Sectorización y Asignación de Demanda .....	81
6.6.	Escenarios de simulación para la evaluación.....	90
6.6.1.	Simulación en período estático .....	90
6.6.2.	Simulación periodo extendido EPS .....	90
6.7.	Repotenciación.....	91
6.7.1.	Implementación de bombas al Sistema.....	91
6.7.2.	Hidrante.....	93

	14
7. Resultados .....	94
7.1. Proyección poblacional .....	94
7.1.1. Tasas de crecimiento exponencial .....	95
7.1.2. Tasas de crecimiento Geométrico .....	96
7.1.3. Tasas de crecimiento aritmético.....	97
7.2. Dotación.....	99
7.3. Caudales de diseño.....	100
7.4. Curva de consumo.....	102
7.5. Evaluación del Sistema de distribución .....	108
7.5.1. Simulación en periodo estático .....	108
7.5.2. Simulación en periodo extendido.....	122
7.6. Repotenciación.....	152
7.6.1. Bomba.....	158
8. Conclusión .....	161
9. Referencial bibliográficas .....	163
Anexos .....	170
Anexo 1 .....	170

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Datos censales de Victoria del Portete de 1982 y 2022</i> -----	47
<b>Tabla 2</b> <i>Datos censales de Victoria de Portete (2001–2022)</i> -----	48
<b>Tabla 3</b> <i>Red de distribución cerrada</i> -----	50
<b>Tabla 4</b> <i>Dotación de agua por habitante en sectores evaluados</i> -----	54
<b>Tabla 5</b> <i>Porcentajes de fugas en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable</i> ----	64
<b>Tabla 6</b> <i>Diferencia entre elevaciones medidas y el ráster</i> -----	69
<b>Tabla 7</b> <i>Diámetros para tuberías PVC</i> -----	75
<b>Tabla 8</b> <i>Dimensiones de Tanques</i> -----	78
<b>Tabla 9</b> <i>Instituciones del área de cobertura</i> -----	87
<b>Tabla 10</b> <i>Cálculo de la tasa de crecimiento</i> -----	94
<b>Tabla 11</b> <i>Crecimiento geométrico de la parroquia de Tarqui</i> -----	98
<b>Tabla 12</b> <i>Proyección poblacional para todos los usuarios</i> -----	98
<b>Tabla 13</b> <i>Proyección poblacional 30 años de diseño</i> -----	99
<b>Tabla 14</b> <i>Dotación neta</i> -----	100
<b>Tabla 15</b> <i>Tabla de mayoración para rurales</i> -----	101
<b>Tabla 16</b> <i>Caudales de diseño por cada sector</i> -----	101
<b>Tabla 17</b> <i>Resultado de datos críticos en los nodos y tuberías para la primera simulación</i> ----	109
<b>Tabla 18</b> <i>Resultado de datos críticos en los nodos y tuberías para la primera simulación</i> ----	116
<b>Tabla 19</b> <i>Niveles máximos y mínimos en los tanques de almacenamiento para el escenario 1</i> 122	122
<b>Tabla 20</b> <i>Presión en la red de la primera simulación</i> -----	124
<b>Tabla 21</b> <i>Velocidades en tuberías</i> -----	127
<b>Tabla 22</b> <i>Niveles máximos y mínimos en los tanques de almacenamiento para el escenario 2</i> 130	130

<b>Tabla 23</b> <i>Velocidades críticas en la simulación</i> -----	135
<b>Tabla 24</b> <i>Niveles máximos y mínimos en los tanques de almacenamiento para el escenario 3</i>	138
<b>Tabla 25</b> <i>Presión en la red de la segunda simulación</i> -----	140
<b>Tabla 26</b> <i>Velocidades críticas en la simulación tres</i> -----	142
<b>Tabla 27</b> <i>Niveles máximos y mínimos en los tanques de almacenamiento para el escenario 4</i> -----	145
<b>Tabla 28</b> <i>Presión en la red de la segunda simulación</i> -----	147
<b>Tabla 29</b> <i>Velocidades críticas en la simulación tres</i> -----	149
<b>Tabla 30</b> <i>Elementos implementados en la red de distribución para su repotenciación</i> -----	152
<b>Tabla 31</b> <i>Cambio de tuberías por sector</i> -----	153
<b>Tabla 32</b> <i>Tuberías nuevas y remplazadas en la red</i> -----	155
<b>Tabla 33</b> <i>Propuesta de repotenciación</i> -----	156
<b>Tabla 34</b> <i>Dimensiones del tanque</i> -----	159
<b>Tabla 35</b> <i>Parámetro para la selección de la bomba</i> -----	159



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Delimitación geográfica de las parroquias Victoria del Portete e Irquis Tarqui en la provincia del Azuay.....</i>	26
<b>Figura 2</b> <i>Zona de estudio .....</i>	27
<b>Figura 3</b> <i>Red de distribución ramificada .....</i>	29
<b>Figura 4</b> <i>Red de distribución cerrada .....</i>	30
<b>Figura 5</b> <i>Curva de consumo .....</i>	38
<b>Figura 6</b> <i>Delimitación del área de estudio de los 14 sectores .....</i>	46
<b>Figura 7</b> <i>Reunión de coordinación técnica con la JAAP .....</i>	57
<b>Figura 8</b> <i>Selección de viviendas para registro de consumo.....</i>	58
<b>Figura 9</b> <i>Registro de consumo .....</i>	59
<b>Figura 10</b> <i>Levantamiento del polígono con equipo GNSS RTK.....</i>	60
<b>Figura 11</b> <i>Georreferenciación de los Usuarios .....</i>	61
<b>Figura 12</b> <i>DEM con puntos de control georreferenciados .....</i>	68
<b>Figura 13</b> <i>Georeferenciación de usuarios por sectores .....</i>	71
<b>Figura 14</b> <i>Captación, tanques y tuberías del sistema .....</i>	79
<b>Figura 15</b> <i>Sistema hidráulico asignado las elevaciones.....</i>	80
<b>Figura 16</b> <i>Sectorización de los 18 sectores.....</i>	82
<b>Figura 17</b> <i>Área de influencia .....</i>	83
<b>Figura 18</b> <i>Acometidas en la red .....</i>	85
<b>Figura 19</b> <i>Asignación de caudales base y patrones de consumo por vivienda según sector.....</i>	89
<b>Figura 20</b> <i>Crecimiento exponencial de la parroquia de Tarqui .....</i>	95
<b>Figura 21</b> <i>Crecimiento exponencial de la parroquia Victoria del Portete .....</i>	95

<b>Figura 22</b> <i>Crecimiento geométrico de la parroquia de Tarqui</i> .....	96
<b>Figura 23</b> <i>Crecimiento geométrico de la parroquia de la Victoria del Portete</i> .....	96
<b>Figura 24</b> <i>Crecimiento aritmético de la parroquia de Tarqui</i> .....	97
<b>Figura 25</b> <i>Crecimiento aritmético de la parroquia de la Victoria del Portete</i> .....	97
<b>Figura 26</b> <i>Curva de consumo para el sector del Descanso</i> .....	102
<b>Figura 27</b> <i>Curva de consumo para el sector Irquis</i> .....	103
<b>Figura 28</b> <i>Curva de consumo para Curva de Victoria del Portete</i> .....	103
<b>Figura 29</b> <i>Curva de consumo del sector Churuguzo</i> .....	104
<b>Figura 30</b> <i>Curva de consumo del sector San Pedro</i> .....	104
<b>Figura 31</b> <i>Curva de consumo del sector Santa Teresita</i> .....	105
<b>Figura 32</b> <i>Curva de consumo del sector de Santa Lucrecia</i> .....	105
<b>Figura 33</b> <i>Curva de consumo del sector Tarqui Centro</i> .....	106
<b>Figura 34</b> <i>Curva de consumo del sector Zona Franca</i> .....	106
<b>Figura 35</b> <i>Curva de consumo del sector Morascale</i> .....	107
<b>Figura 36</b> <i>Curva de consumo del sector la Cofradia</i> .....	107
<b>Figura 37</b> <i>Curva de consumo del sector San José</i> .....	108
<b>Figura 38</b> <i>Presiones en los nodos para la simulación</i> .....	113
<b>Figura 39</b> <i>Velocidades en las tuberías para la simulación 1</i> .....	115
<b>Figura 40</b> <i>Presiones registradas en los medidores</i> .....	119
<b>Figura 41</b> <i>Velocidades en tuberías</i> .....	121
<b>Figura 42</b> <i>Volumen del tanque 1</i> .....	123
<b>Figura 43</b> <i>Volumen del tanque 2</i> .....	124
<b>Figura 44</b> <i>Presiones con una línea de conducción de 200 mm</i> .....	126

<b>Figura 45</b> <i>Velocidades de las tuberías</i> .....	129
<b>Figura 46</b> <i>Volumen del tanque 1</i> .....	131
<b>Figura 47</b> <i>Volumen del tanque 2</i> .....	131
<b>Figura 48</b> <i>Presión en la red de la segunda simulación</i> .....	132
<b>Figura 49</b> <i>Presiones con líneas de conducción en paralelo de 200 mm</i> .....	134
<b>Figura 50</b> <i>Velocidades de las tuberías</i> .....	137
<b>Figura 51</b> <i>Volumen del tanque 1</i> .....	139
<b>Figura 52</b> <i>Volumen del tanque 2</i> .....	140
<b>Figura 53</b> <i>Presiones con línea de conducción de 200 mm</i> .....	142
<b>Figura 54</b> <i>Velocidades de las tuberías</i> .....	144
<b>Figura 55</b> <i>Volumen del tanque 1</i> .....	146
<b>Figura 56</b> <i>Volumen del tanque 2</i> .....	146
<b>Figura 57</b> <i>Presión en la red de la segunda simulación</i> .....	148
<b>Figura 58</b> <i>Simulación de la propuesta de repotenciación</i> .....	158
<b>Figura 59</b> <i>Bomba escogida para el diseño</i> .....	160
<b>Figura 60</b> <i>Configuración de la bomba en WaterGEMS</i> .....	161

## **1. Introducción**

El agua es un recurso esencial para la vida, tanto del ser humano como del resto de los seres vivos. Su disponibilidad en cantidad y calidad adecuadas representa un derecho fundamental, indispensable para garantizar el bienestar, la salud y el desarrollo de cualquier comunidad. Sin embargo, en varios lugares aún enfrentan diversas dificultades para acceder al agua potable, debido a la contaminación de las fuentes hídricas y a la falta de infraestructura adecuada para su tratamiento y distribución, lo que agrava la situación y expone a la población a riesgos considerables, especialmente en zonas rurales.

Victoria del Portete y Tarqui son parroquias rurales pertenecientes al cantón Cuenca, estas zonas los últimos años han experimentado un notable crecimiento poblacional. Este aumento demográfico ha generado una mayor demanda de servicios básicos, especialmente de agua potable. Actualmente, la Junta Administradora de Agua Potable de Victoria del Portete y Tarqui presta este servicio a la comunidad. Sin embargo, debido al crecimiento de la población y a las nuevas necesidades de los habitantes, el sistema actual resulta insuficiente para abastecer adecuadamente a los usuarios, especialmente a aquellos que habitan en zonas topográficamente elevadas.

Debido a las deficiencias en el servicio de agua potable que afectan a varios sectores dentro del área de estudio, el presente proyecto tiene como finalidad realizar una evaluación del sistema hidráulico existente. Para ello, se aplicarán criterios técnicos de diseño que permitan identificar las zonas más perjudicadas. Con base en este diagnóstico, se propondrán alternativas de mejora para optimizar el funcionamiento del sistema, garantizar un suministro más eficiente y

equitativo, y aprovechar de manera sostenible la fuente hídrica disponible en la zona lo cual de esta manera mejorar la calidad de los habitantes.

## **2. Antecedentes**

Según las necesidades humanas más fundamentales para el cuidado de la salud y el bienestar. Entre dos mil y tres mil millones de personas seguirán sin acceso a estos servicios básicos en 2030, a menos que se cuatripliquen los avances actuales. El rápido crecimiento de la población y la urbanización son las principales razones del aumento en la demanda de agua.

En Ecuador, el acceso a los servicios básicos ha mostrado una mejora progresiva en los últimos años. La cobertura de agua potable mediante la red pública alcanzó un 84.2% en 2022, reflejando un incremento significativo en comparación con el 72% registrado en 2010 (Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2022). Sin embargo, a pesar de estos avances, tres de cada diez personas en el país carecen de acceso a agua potable, una situación que se agrava en las zonas rurales, donde cinco de cada diez habitantes consumen agua contaminada, poniendo en riesgo su salud (Ayuda en Acción, 2023).

Entre 1990 y 2010, la tasa de crecimiento poblacional de Cuenca fue de aproximadamente 2,1 %, superando el promedio nacional del 1,93 % registrado entre 2001 y 2010. Durante este período, el área urbana redujo su ritmo de crecimiento a 1,93 %, mientras que el área rural aumentó a 2,50 %, evidenciando un desplazamiento poblacional hacia las zonas rurales. Entre 2010 y 2020, la tasa de crecimiento de Cuenca se incrementó a 2,60 %. Como resultado, la población total pasó de 580 mil habitantes en 2015 a 636 mil en 2020 (Vidal, 2023).

El crecimiento poblacional rural en Cuenca no solo se evidencia en las estadísticas generales, sino que también impacta directamente en parroquias como Victoria del Portete y Tarqui, al sur de Ecuador, donde la gestión del agua juega un papel importante debido a su

importancia social. El primer sistema de agua que abastece a Victoria del Portete y Tarqui fue construido en el año 1971 con los aportes técnicos. En 1974, se inauguró el primer sistema comunitario de agua potable, resultado del trabajo de mingas de la comunidad para construir la infraestructura necesaria (Pila, 2018).

Inicialmente, ETAPA gestionaba el sistema, pero desde 1998 la comunidad asumió la administración, lo que ocasionó un deterioro en la calidad del servicio debido a problemas administrativos, mayor demanda y desgaste de materiales. En 1994 se contrataron estudios para la construcción de un sistema regional que incluyera captación, conducción y distribución, pero la falta de acuerdos sobre el financiamiento pospuso su ejecución. En 2003, ETAPA actualizó los estudios y realizó mejoras en los diseños de captación, conducción y redes de distribución para cubrir el déficit de agua en el sistema (Ordóñez, 2007).

Este sistema tuvo una vida útil de 30 años y, aunque al inicio atendía a 260 familias (aproximadamente 1.000 personas), la demanda creció rápidamente, alcanzando cerca de 3.000 beneficiarios en su primera década. Para 2005, el colapso de las tuberías y el insuficiente caudal de abastecimiento llevaron a la intervención estatal y comunitaria, planificando la readecuación y ampliación de las redes. Entre 2005 y 2010 se construyó una planta comunitaria de agua y se extendió la red de distribución. Al finalizar estos trabajos, el sistema abastecía aproximadamente 7.000 habitantes, con 1.700 usuarios registrados (Pila, 2018).

Para mejorar el abastecimiento en la zona, ETAPA EP en enero de 2009 inició la construcción de la Planta de Tratamiento de Irquis, ubicada en Victoria del Portete, sector Ceraturo-Irquis, entre las cotas 3.800 m s. n. m. y 2.752 m s. n. m., con capacidad de 35 l/s. Desde diciembre de 2012, la planta opera de manera continua con un caudal de 20 l/s (ETAPA EP, 2025).

En un estudio previo realizado por la consultoría del Ing. Carlos Fajardo Mosquera por parte de la Junta Administradora de Agua Victoria del Portete y Tarqui (2022), se identificó la necesidad de sectorizar la red de distribución y mejorar su monitoreo. El sistema de distribución de agua potable abastece a 8.388 habitantes, con una proyección de 10.762 para 2044.

La red compuesta por tuberías de PVC con diámetros predominantes de 200, 160, 110, 90 y 63 mm, se encuentra en buen estado, sin signos de corrosión ni deterioro externo. Sin embargo, presenta deficiencias en el control de presiones y en la medición de caudales, ya que ninguno de los ramales provenientes de la planta de tratamiento de ETAPA, que abastecen a Victoria del Portete Alto, Victoria del Portete Bajo y Tarqui Centro, cuenta con medidores de caudal, lo que impide determinar el consumo por sectores.

Se realizó un catastro de la red, identificando 90.710,11 m de tuberías, 61 válvulas y un hidrante, tras el catastro y la instalación de nuevas válvulas e hidrantes, la red de distribución se organizó en tres sectores y 39 subsectores, facilitando la identificación de pérdidas y fugas. Las mediciones mostraron presiones entre 40 y 155 psi, destacando la urgencia de regular la presión. Además, el índice de pérdidas del sistema alcanza el 38,2 %, principalmente por la falta de control en la micro medición, información obtenida del informe de la consultoría de, Evaluación y Mejoramiento del Sistema de agua potable, elaborado por (Junta Administradora de Agua Victoria del Portete y Tarqui, 2022) .

El acelerado crecimiento poblacional en las zonas rurales de Cuenca, específicamente en Victoria del Portete y Tarqui, ha generado una demanda de agua potable que no cubre de manera constante. El suministro de agua no se mantiene durante todas las horas del día, tanto en las cantidades requeridas como con la presión necesaria, lo que evidencia la urgencia de

implementar acciones para garantizar un servicio adecuado y continuo para toda la población beneficiaria.

### **3. Justificación**

El acceso al agua potable es una necesidad fundamental para la salud y el bienestar de la población, y la gestión adecuada de los sistemas de distribución es crucial para garantizar su suministro continuo y eficiente. El presente proyecto tiene como objetivo evaluar y optimizar el diseño de la red de distribución de agua potable mediante modelamientos hidráulicos, con el fin de mejorar su eficiencia, reducir las pérdidas y asegurar un abastecimiento confiable para la población actual y futura.

El crecimiento poblacional impacta directamente en la operatividad y el rendimiento de las redes de distribución, por lo que, para garantizar un servicio continuo con presión y calidad adecuadas, es fundamental anticiparse a estos cambios. Esto se logra a través del uso de modelos hidráulicos, los cuáles permiten simular diversas situaciones y diseñar estrategias técnicas para mejorar el sistema. De acuerdo con la consultoría ya se puede evidenciar que el sistema presenta interrupciones en el suministro. Asimismo, factores como la contaminación, la acumulación de sedimentos en el sistema de agua potable y el estrés hídrico han generado escasez en las zonas abastecidas.

Ante esta situación, se considera realizar una propuesta de repotenciación integral del sistema de agua potable, priorizando la distribución, evaluando la red incluyendo al modelo la tubería y los tanques de la reserva de la PTAP para garantizar un suministro acorde a la demanda poblacional actual y futura. Para ello, se tomará en cuenta la proyección de crecimiento de la población y el consumo actual en cada uno de los sectores beneficiarios de este servicio, Asimismo, se requiere evaluar la conducción, la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) y



su volumen operativo, en función de la condición actual y las propuestas existentes, garantizando que los componentes del sistema operen de manera eficiente bajo diferentes escenarios

## **4. Objetivos**

### **4.1. Objetivo General**

Elaborar la propuesta de repotenciación del sistema de abastecimiento de agua potable de la Junta de Agua Potable de Victoria del Portete y Tarqui, provincia del Azuay, Ecuador asegurando el suministro en presión y cantidad.

### **4.2. Objetivos Específicos**

- Realizar una sectorización de la red considerando los patrones de consumo, generando los escenarios para la evaluación y repotenciación.
- Evaluar la infraestructura hidráulica del sistema de abastecimiento analizando las condiciones de funcionamiento actual, las variaciones de consumo y la presión demográfica, identificando los sectores que requieren una mejora.
- Analizar los parámetros hidráulicos de la simulación de los escenarios planteados, evidenciando el correcto dimensionamiento de la propuesta de repotenciación.

## **5. Marco Conceptual**

### **5.1. Descripción general**

#### **5.1.1. Cobertura geográfica del proyecto**

El proyecto se desarrolla en las parroquias rurales Tarqui y Victoria del Portete, ubicadas al sur del cantón Cuenca, en la provincia del Azuay, Ecuador. Estas parroquias están localizadas aproximadamente a 25 kilómetros de la ciudad de Cuenca.

La parroquia Tarqui cuenta con una superficie de 135 km<sup>2</sup> y una población de 14,144 habitantes según el CITAR INEC. El acceso a servicios básicos muestra que el 88.8 % de los

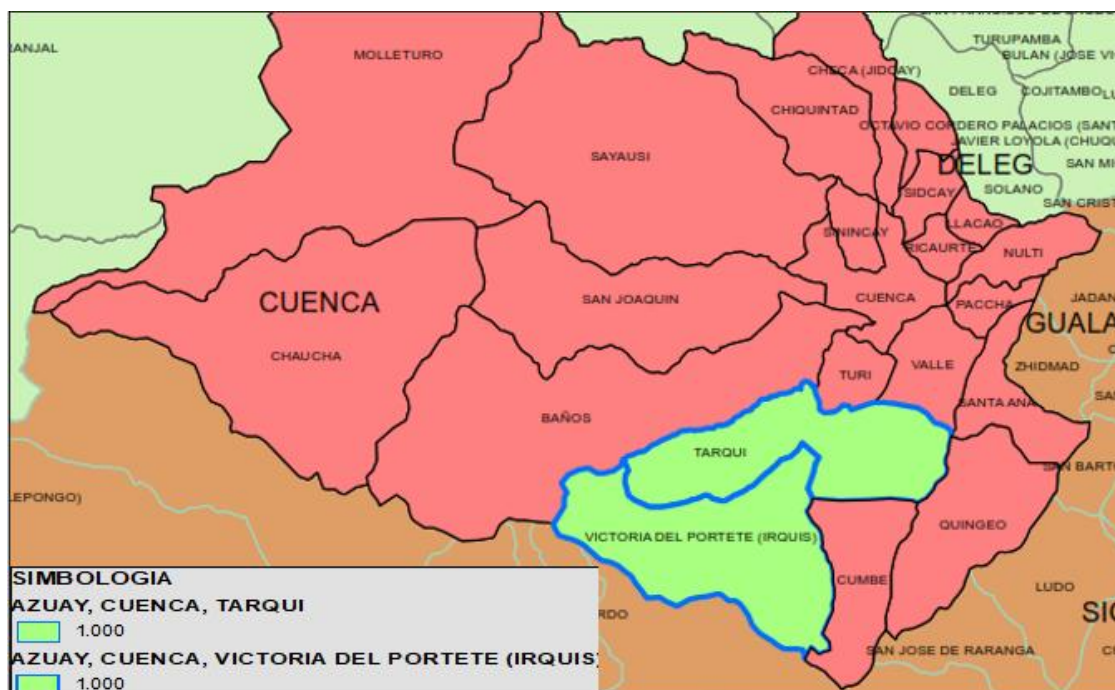
hogares dispone de agua por red pública, mientras que sólo el 24.1 % está conectado al sistema de alcantarillado.

Por otra parte, la parroquia Victoria del Portete abarca una superficie de 195.44 km<sup>2</sup> y alberga a 6,654 habitantes. El 88.1 % de los hogares dispone de agua por red pública, aunque apenas el 14.6 % cuenta con acceso a alcantarillado.

Ambas parroquias se destacan por su producción de lácteos de alta calidad, así como por sus actividades agrícolas y la crianza de animales, que constituyen pilares fundamentales de su economía local.

### Figura 1

*Delimitación geográfica de las parroquias Victoria del Portete e Iruquis Tarqui en la provincia del Azuay*



*Nota.* La línea Azul delimita el área de intervención del proyecto en las parroquias Victoria del Portete y Tarqui, ubicadas al sur del cantón Cuenca.

Fuente: Elaboración por los autores con base en los límites políticos de la Universidad del Azuay

### 5.1.2. Ubicación geográfica de la zona de estudio

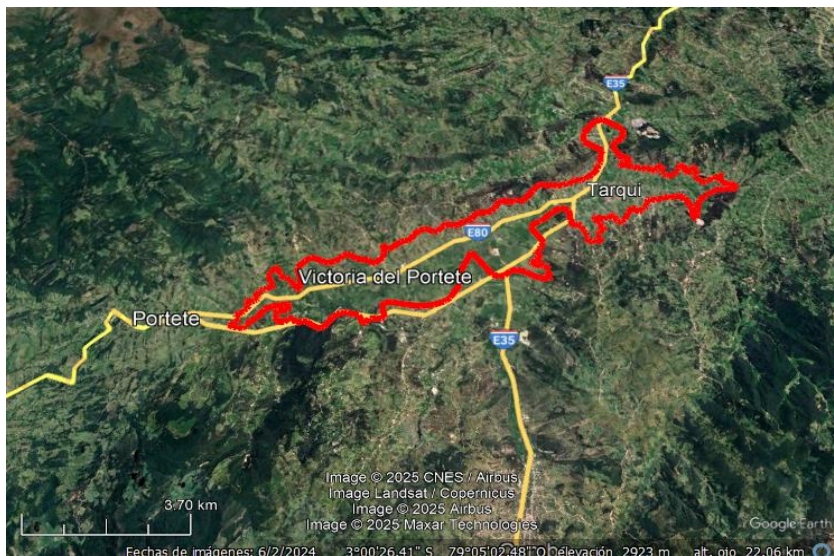
El presente estudio abarca un área de aproximadamente 6.939 hectáreas. En Victoria del Portete, las zonas de estudio incluyen Irquis Ceraturo, Churuguzo, El Descanso, San Pedro de Escaleras, Estación de Cumbe y el centro de la parroquia. En Tarqui, las áreas consideradas son Rosa de Oro, San José, Tañí Loma, El Carmen de Tarqui, Santa Lucrecia, Bellavista, Loma Blanca y Morascalle (Ordóñez, 2007).

La georeferenciación de las parroquias ubicadas en el paralelo 17M con las siguientes coordenadas

Tarqui	Victoria del Portete
718510.21 E	714938.59 E
9666921.87 S	9661176.34 S
2620 m	2634 m

### Figura 2

#### Zona de estudio



Leyenda. La línea roja representa la delimitación de la zona de trabajo.

*Nota.* áreas de influencia del sistema de abastecimiento de agua potable en la zona de estudio.

Fuente: Google Earth

## **5.2. Sistema de abastecimiento agua potable**

Un sistema de agua potable permite el transporte del agua desde la captación hasta el consumo final, garantizando que llegue en condiciones adecuadas. Esto no solo implica el cumplimiento de estándares de calidad sanitaria, sino también la disponibilidad suficiente para satisfacer la demanda (AM GROUP, 2025).

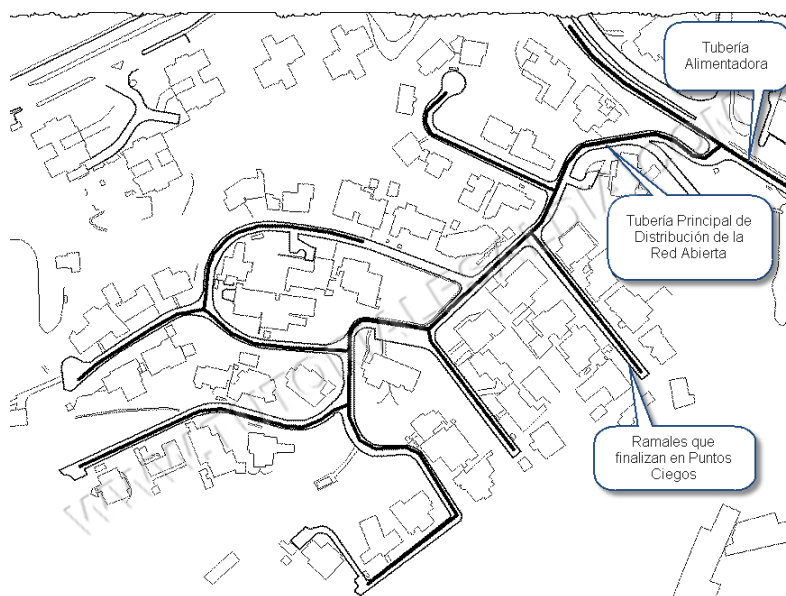
## **5.3. Redes de distribución**

La red de distribución está compuesta por tuberías, accesorios y estructuras destinadas a transportar el agua desde los tanques de almacenamiento hasta los puntos de consumo, como tomas domiciliarias o hidrantes públicos. Su propósito es asegurar el suministro de agua para distintos usos: doméstico, público, comercial, industrial y situaciones especiales como la atención de incendios. Esta red debe garantizar un servicio continuo, con el caudal necesario, la calidad exigida y una presión adecuada, según lo establece la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, n.d.).

### **5.3.1. Tipos de red**

#### **5.3.1.1. Redes de distribución ramificada o abierta**

El sistema ramificado se compone de una tubería principal, de la cual se desprenden tuberías secundarias, que a su vez se dividen en conductos de menor tamaño. En este tipo de red, cada punto de suministro recibe el agua a través de un único recorrido, lo que implica una reducción progresiva en el diámetro de las tuberías a medida que se alejan de la tubería principal. se utilizan en poblaciones con configuración dispersa y semi dispersa en donde no es factible instalar redes malladas (Paredes Ponluisa, 2020).

**Figura 3***Red de distribución ramificada*

*Nota.* Red de distribución ramificada utilizado en sectores rurales. Tomado de (Ingeniería civil, 2013)

**5.3.1.2. Red mallada o cerrada.**

Las redes cerradas están conformadas por tuberías que se interconectan formando una estructura en forma de malla. Este diseño es el más recomendable, ya que busca crear un circuito continuo mediante la unión de las tuberías, lo cual mejora la eficiencia y continuidad del suministro. Una de sus principales ventajas es la eliminación de puntos muertos; en caso de requerirse reparaciones, el área afectada puede limitarse a una sola cuadra, según la ubicación de las válvulas. Además, resulta más económica, ya que las conducciones son alimentadas por ambos extremos, lo que reduce las pérdidas de carga y permite el uso de tuberías de menor diámetro. Este tipo de red también proporciona mayor seguridad en situaciones de incendio, pues es posible cerrar únicamente las válvulas necesarias para dirigir el flujo hacia la zona afectada. Para llevar a cabo el análisis hidráulico de este tipo de sistemas, los métodos más comunes son el de seccionamiento y el de Hardy Cross.

**Figura 4***Red de distribución cerrada*

*Nota.* Red de distribución cerrada utilizado generalmente en sectores urbanos. Tomado de (Ingeniería civil, 2013)

### **5.3.2. Componentes de la red**

#### **5.3.2.1. Tubería**

Las tuberías por lo general de forma circular, que se ensamblan mediante un sistema de unión. Para efectos de análisis, se considera como tubería al tramo comprendido entre dos secciones transversales. La red de distribución está compuesta por varios tubos conectados en puntos específicos llamados nodos o uniones, según su función, esta red puede clasificarse en red primaria y red secundaria. La tubería encargada de transportar el agua desde el tanque de regulación hasta el inicio del área de distribución se denomina línea de alimentación, y forma parte de la red primaria (CONAGUA, n.d.).

### **5.3.2.2. Piezas especiales**

Se consideran accesorios a todos los elementos empleados para realizar ramificaciones, intersecciones, variaciones en el sentido del flujo, cambios de diámetro, uniones entre tuberías de distintos materiales o dimensiones, así como terminaciones de los conductos. Los llamados cruceros son conjuntos o piezas especiales que, al conectarse a la tubería, permiten establecer desviaciones pronunciadas, modificaciones en el diámetro, derivaciones y ramificaciones. Asimismo, estos elementos permiten controlar el flujo mediante la incorporación de válvulas (CONAGUA, n.d.).

### **5.3.2.3. Válvulas**

Son accesorios que utilizadas para disminuir o evitar el flujo en la tubería. Pueden ser clasificadas de acuerdo con su función en dos categorías:

- Aislamiento o seccionamiento: Son utilizadas para separar o cortar el flujo del resto del sistema de abastecimiento en ciertos tramos de tubería, bombas y dispositivos de control con el fin de revisarlos o repararlos
- Control: Usadas para regular el gasto o la presión, facilitar la entrada de aire o la salida de sedimentos o aire atrapados en el sistema

(CONAGUA, n.d.).

### **5.3.2.4. Hidrantes**

Se denomina hidrante a una toma o conexión especial ubicada en puntos estratégicos de la red hidráulica, destinada a suministrar agua para distintos fines. Existen dos tipos principales: el hidrante público, utilizado para abastecer de agua a varias familias, y el hidrante contra incendios, diseñado para conectar mangueras o bombas en caso de emergencias. Los hidrantes públicos suelen estar compuestos por un pedestal y una o más llaves comunes, instaladas en

lugares accesibles de la vía pública para atender a comunidades sin conexión directa al sistema de agua potable. En estos casos, el agua se transporta hasta los domicilios en recipientes como cubetas. Este tipo de suministro es común en localidades pequeñas donde las limitaciones económicas impiden extender la red directamente a cada vivienda (CONAGUA, n.d.).

#### **5.3.2.5. *Tanques de distribución.***

Los tanques de distribución son depósitos ubicados comúnmente entre la fuente de captación y la red de distribución, cuya función principal es almacenar el agua proveniente de la fuente. Este almacenamiento permite regular el flujo de agua hacia la red o actuar como reserva ante interrupciones en el suministro, aunque en muchos casos cumple ambas funciones. Cuando el tanque contiene un volumen adicional de agua para cubrir los periodos del día en los que la demanda supera la oferta, se le denomina tanque de regulación, siendo esta la forma más común de tanque utilizada. Algunos sistemas incorporan volúmenes de almacenamiento destinados a emergencias, como en caso de fallas en la fuente; sin embargo, este tipo de reserva suele ser responsabilidad del usuario, mediante el uso de cisternas o tinacos. Por ello, en la mayoría de las redes se emplean únicamente tanques de regulación. Es posible que una red de distribución esté alimentada por múltiples tanques asociados a distintas fuentes o que disponga de tanques adicionales con funciones de regulación (CONAGUA, n.d.).

#### **5.3.2.6. *Tomas domiciliarias***

La toma domiciliaria está compuesta por un conjunto de tubos y accesorios que permite llevar el agua desde la red de distribución hasta el predio del usuario, e incluye también la instalación de un medidor. Esta sección del sistema representa un elemento clave para evaluar la eficiencia y calidad del servicio, ya que es la encargada de suministrar el agua directamente al consumidor (CONAGUA, n.d.).



#### **5.3.2.7. *Rebombeos.***

Los sistemas de bombeo son instalaciones de bombeo que, por lo general, se ubican en puntos intermedios de una línea de conducción, aunque en casos excepcionales pueden encontrarse dentro de la red de distribución. Su función principal es aumentar la carga hidráulica en el punto donde se instalan, con el fin de garantizar la continuidad del flujo de agua en las tuberías. En la red de distribución, los rebombeos se emplean cuando es necesario interconectar tanques que abastecen diferentes zonas, transferir agua desde una línea situada en zonas bajas hacia un tanque de regulación ubicado en una zona de mayor altitud, o aumentar la presión en una zona específica mediante un bombeo directo a la red, también conocido como *booster* (CONAGUA, n.d.).

#### **5.3.2.8. *Cajas rompedoras de presión.***

Son depósitos de volumen reducido y con superficie libre expuesta, cuya función es recibir el flujo procedente de la tubería, permitiendo su descarga. Esto elimina la presión hidrostática existente y establece un nuevo nivel estático en el tramo aguas abajo (CONAGUA, n.d.).

### **5.4. *Catastro técnico de la red***

El catastro es un registro detallado de los predios existentes en la zona de estudio, proporcionando información sobre sus características a quienes acceden a él. Con el desarrollo tecnológico, ha evolucionado de ser un simple inventario de bienes inmuebles a convertirse en una representación cartográfica digital precisa, integrándose como un componente clave dentro de los sistemas de gestión administrativa (Zaldívar et al., 2021).

Se considera fundamental contar con herramientas que permitan comprender y gestionar adecuadamente la infraestructura de agua potable y alcantarillado en una ciudad. En este sentido, la implementación de un catastro técnico guiado resulta clave para el manejo eficiente de estos

sistemas, tal como lo señala Baca (2015), quien destaca su utilidad para facilitar el conocimiento y operación dentro del cantón.

## **5.5. *Análisis de la demanda poblacional***

### **5.5.1. Tasa de crecimiento**

Este parámetro es de suma importancia, ya que de él depende la proyección y el crecimiento poblacional. De acuerdo con Torres (2011), la tasa de crecimiento de la población puede estimarse suponiendo que sigue un patrón determinado. En los análisis demográficos, se suele trabajar con modelos matemáticos que describen dicho comportamiento, y para ello se busca establecer una relación funcional adecuada.

### **5.5.2. Proyección poblacional**

La proyección poblacional es un factor clave en el diseño de sistemas hidráulicos, este parámetro depende de la población actual, la tasa de crecimiento y el año de referencia para la estimación. “Las proyecciones de población tienen una función política fundamental que permiten con la planificación”(Alegría et al., 2019).

En el estudio de la proyección poblacional, los enfoques más comunes en demografía asumen que el crecimiento de la población responde a un modelo matemático específico. El método consiste en identificar la función que describe adecuadamente ese comportamiento. Por lo general, se utilizan tres modelos básicos para este análisis: el aritmético, geométrico y el exponencial (Cabello et al., 2024).

### **5.5.3. Densidad poblacional**

La densidad poblacional es la medida en el cual se indica cuantas personas habitan en una determinada área sin considerar áreas protegidas, ríos, lagos, zonas desérticas entre otros, este parámetro es el “cociente entre la sumatoria de la población total que reside habitualmente en

viviendas particulares, colectivas o que están sin vivienda, con respecto a la superficie del territorio de dicha provincia” (CNE n.d.).

La densidad poblacional

$$D = \frac{P}{A} \quad (1)$$

**Donde:**

*D*: Dotación hab/ha

*P*: Población hab

*A*: Área del territorio ha

El exceso de población dentro de una zona puede ocasionar que cada una de ellas tenga una mala calidad de vida ocasionadas por el desabastecimiento de servicios.

#### **5.5.4. Dotación poblacional**

La dotación poblacional es un valor clave para estimar el consumo de agua por habitante en un sistema de abastecimiento. En el caso del área rural, esta dotación depende principalmente del nivel de servicio que se pretenda ofrecer y de las condiciones climáticas del lugar, ya sea que se trate de una zona cálida o fría. Además, es importante considerar que estos valores pueden variar según los hábitos de consumo de la población, el tipo de actividad que se realice en la comunidad, y hasta la cultura del uso del agua. También se puede determinar la dotación a partir de registros reales de consumo, siempre y cuando exista información histórica confiable que permita hacer una estimación representativa para el diseño del sistema. “La carencia de agua potable en algunas poblaciones ecuatorianas podría deberse a la selección inadecuada de estas dotaciones o a que las dotaciones no sean las correctas” (Arellano et al., 2018).

## **5.6. Consumo de agua**

El consumo de agua es la cantidad de agua utilizada por cada usuario y así satisfacer sus necesidades básicas, como beber, cocinar, limpiar, bañarse, entre otras. Este parámetro es fundamental, ya que permite analizar el comportamiento del consumo a lo largo del día, lo cual es clave para definir los patrones horarios de demanda y dimensionar adecuadamente los sistemas de distribución. Los consumos no son uniformes, ya que varían en función de múltiples factores como el nivel socioeconómico, el clima, la densidad poblacional y el tipo de infraestructura sanitaria disponible. Arellano et al. (2018) afirma que “los consumos de agua potable varían según las características de las poblaciones, las cuáles son consideradas para establecer las dotaciones mínimas de diseño de los sistemas de abastecimiento de agua potable”. Por lo tanto, al momento de proyectar o repotenciar un sistema, es indispensable analizar el consumo real y sus variaciones para asegurar que el sistema funcione de manera eficiente y sostenible.

### **5.6.1. Consumo de agua en el sector urbano**

El consumo de agua en zonas urbanas está determinado por diversos factores y actividades que influyen en su demanda. Entre ellos se encuentran la población atendida, el modelo de ciudad, ya sea disperso o concentrado, la cantidad y tipología de las viviendas abastecidas, número de empresas, instituciones públicas y privadas, establecimientos comerciales e industriales (Rafael Peña Sánchez et al., 2016).

### **5.6.2. Consumo de agua en el sector rural**

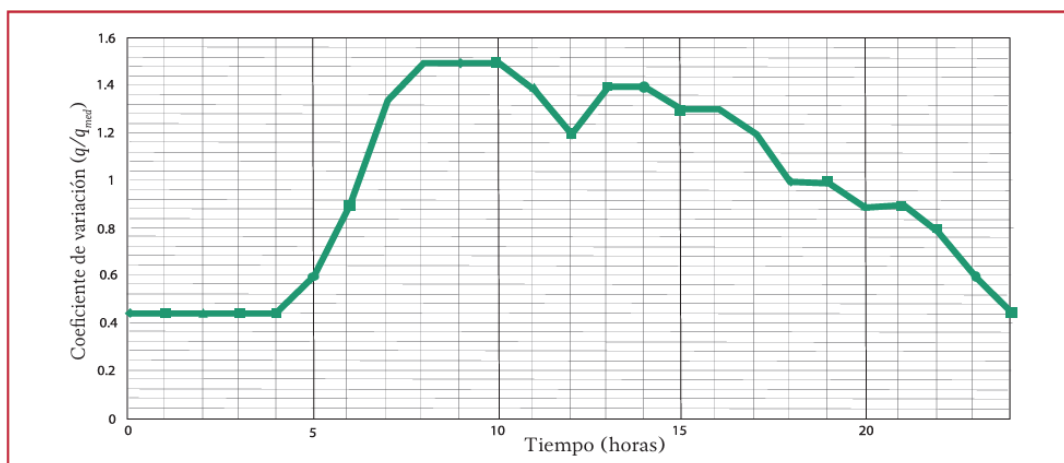
El consumo de agua en las zonas rurales abarca diversos usos, incluyendo el abastecimiento para actividades agrícolas, ganaderas, agroindustriales y domésticas. Sin embargo, en algunos sistemas de gestión del agua, su uso está restringido exclusivamente al

consumo humano, limitando su disponibilidad para actividades productivas. Esta restricción genera desafíos, ya que en la práctica es difícil separar los diferentes usos del agua, especialmente en comunidades donde la ganadería y la agricultura dependen directamente del acceso a este recurso (Autónoma de Aguascalientes México Gil Antonio et al., n.d.).

### **5.7. Curva de consumo**

El consumo de agua no es constante a lo largo del año, ya que puede variar según la temporada, el clima y las actividades propias de cada comunidad. Por tal razón, es esencial contar con registros diarios de consumo, que permitan observar cómo cambia la demanda en diferentes periodos. Estos datos son clave para identificar patrones de uso y para proyectar el comportamiento del sistema bajo distintas condiciones. Además, dentro del análisis detallado del consumo, el comportamiento horario juega un papel fundamental. Como afirman Avilés et al. (2024). Este tipo de análisis permite ajustar la operación del sistema a las horas de mayor demanda, optimizar el uso de los tanques de almacenamiento y evitar sobrepresiones o déficit en ciertas franjas del día.

La representación gráfica de la curva de consumo se basa en dos variables, el coeficiente de variación por hora y el tiempo en horas. Como se presenta en la Figura 5.

**Figura 5***Curva de consumo*

*Nota.* Coeficiente de variación para pequeñas comunidades.

Fuente:(Comisión nacional de agua, n.d.).

## 5.8. Base de diseño

### 5.8.1. Periodo de diseño

De acuerdo con la norma CO 10.7-602 (n.d.), las obras civiles de los sistemas de agua potable deben diseñarse para un periodo de 20 años. No obstante, puede adoptarse un periodo de diseño diferente si se justifica adecuadamente. Sin embargo, en ningún caso la población futura considerada podrá superar 1.25 veces la población actual.

Para la consideración del periodo de diseño se toma en cuenta el tipo de sistema hidráulico del proyecto a ejecutar y la economía debido a que si al realizar proyectos grandes con un periodo de diseño bajo no se garantiza la eficiencia lo cual otorga pérdidas económicas grandes e ineficiencia por el crecimiento y demanda de la población.

### 5.8.2. Presiones mínimas y máximas en la red

Al evaluar el diseño es fundamental tener presente que el propósito principal de la red de distribución de agua potable es garantizar que el agua llegue a los puntos de consumo con la

calidad adecuada, en la cantidad necesaria y con una presión de servicio óptima (Iglesias, n.d.). Las presiones dentro de la red son un aspecto clave, ya que de ellas depende que el agua pueda alcanzar todas las conexiones, incluso las ubicadas en zonas altas o alejadas del sistema. Una presión demasiado baja puede impedir el suministro continuo, mientras que una presión excesiva puede dañar tuberías, accesorios y causar pérdidas por fugas, controlar adecuadamente estas presiones no solo garantiza el abastecimiento, sino que también prolonga la vida útil del sistema y mejora la eficiencia.

### **5.8.3. Velocidades de diseño**

El caudal en las tuberías de la red debe evitar tanto la acumulación de materia orgánica en su interior como su erosión. Por ello, la velocidad de diseño no debe ser inferior a 0.45 m/s, mientras que la velocidad máxima no deberá ser mayor a 4.5 m/s para tubería PVC a y 6 m/s para tuberías de acero deberá ajustarse a las especificaciones del fabricante (CO 10.7-602, n.d.).

### **5.8.4. Caudal de diseño**

El caudal de diseño es el consumo de agua que realiza la población en un determinado tiempo, el caudal máximo. De acuerdo con Calderón y Rolando (2015) el consumo máximo diario se establece como el día de mayor consumo de una serie de registros durante los 365 días del año y el consumo máximo horario se establece como la hora de mayor consumo en el día de mayor consumo, estos caudales se consideran a partir del caudal medio diario multiplicado por sus respectivos factores de mayoración.

### **5.8.5. Vida útil del sistema**

“Lapso luego del cual la obra o equipo debe ser reemplazado por obsoleto”(Norma CO 10.7-602, n.d.), los componentes hidráulicos varían según el material, las condiciones operativas y el mantenimiento aplicado.

### **5.8.6. Fugas**

Según el código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias, las fugas de agua se definen como la “cantidad no registrada de agua, perdida por escape del sistema” (Norma CO 10.7-602, n.d.).

### **5.8.7. Factores que influyen en el rendimiento del sistema de distribución**

La consecuencia del desabastecimiento de agua potable es, en muchas ocasiones, causado por distintos factores como menciona Escolero et al. (2016) los elementos que impactan son vinculados con la disponibilidad actual y futura del agua, las disputas sociales y políticas, las profundizaciones del terreno debido a la extracción intensiva de agua subterránea, la transferencia de agua entre sectores, y el deterioro ambiental en las zonas de captación.

### **5.9. Evaluación del sistema hidráulico**

La evaluación es el análisis de su comportamiento y funcionamiento actual del sistema, considerando las condiciones, la eficiencia de los demás elementos que lo integran así mismo tomando en cuenta los parámetros, demanda y población servida, siguiendo lo establecido por Granda (2020) el propósito de evaluar el estado y el funcionamiento eficiente de los componentes del sistema de suministro de agua potable, identificando las áreas de conflicto y así realizar cambios para dar mejor servicio a la población

### **5.10. WaterGEMS**

WaterGEMS es una herramienta integral la que facilita la toma de decisiones para los profesionales del sector hidráulico en el diseño, planificación y operación de redes de distribución de agua. Este software permite comprender mejor el comportamiento de la infraestructura como un sistema, su respuesta a distintas estrategias operativas y su evolución frente al crecimiento poblacional y el aumento de la demanda (AEC solutions, 2025)



## **5.11. Modelación hidráulica**

### **5.11.1. Modelo hidráulico de redes**

La calibración de una red de agua potable se realiza con el fin de determinar los diámetros reales, la rugosidad absoluta y el coeficiente de pérdidas menores de cada tubería. Una vez que se conozca estos parámetros, el modelo calibrado se puede utilizar para probar cualquier condición hidráulica (Saldarriaga, 2007).

La calibración que se ha utilizado exitosamente en la universidad de los Andes para calibrar hasta 600 tubos (Saldarriaga, 2007). han optado por la siguiente metodología:

#### **Modelo inicial**

Resultado que se obtiene al procesar la información topológica y de consumo, en un modelo hidráulico, en esta etapa no contiene pérdidas menores, ni registro de agua no contabilizada.

#### **Línea de base 1**

Este modelo se obtiene al asignar diámetros internos de todas las tuberías al modelo inicial, también se introduce un coeficiente de pérdidas menores por metro, por concepto de uniones principalmente.

#### **Análisis por demandas desconocidas**

Conjunto de escenarios hidráulicos contruidos a partir de la modificación de la demanda base de algunos nodos de la red

#### **Línea base 2**

Escenario en el que se reúnen los resultados obtenidos a través de los análisis independientes por demandas desconocidas y emisores. En esta etapa busca ajustar de manera

casi definitiva el caudal y tener una aproximación al comportamiento medido con relación a las presiones

### **Análisis por diámetros**

Se prueba escenarios con los cuáles se analizan el efecto que tienen sobre el sistema ligeras variaciones en los diámetros, en este proceso se trata de identificar comportamientos atípicos, para generar los escenarios se debe tener en cuenta el material y las velocidades medias de flujo

### **Análisis por rugosidades**

En este proceso se prueba el efecto que tiene los cambios en la rugosidad original de las tuberías sobre el comportamiento hidráulico del modelo. De misma forma se construye de acuerdo con el material, edad de las tuberías y la velocidad de flujo.

### **Análisis por pérdidas menores**

En esta etapa se prueba el efecto que causa sobre la red la existencia de accesorios u otros elementos en contacto con el flujo que causan pérdidas localizadas de energía.

### **Modelo unificado**

Se encuentra un solo modelo los resultados encontrados durante los análisis por diámetros, rugosidades, y pérdidas menores, lo cual se busca ajustar el caudal y presiones obtenidas durante la línea de base 2.

#### **5.11.2. Modelación en periodo estático**

La simulación en periodo estático es en análisis en un solo tiempo; así mismo las condiciones hidráulicas se consideran constantes en la red. Según Josías et al. (n.d.) la modelación estática se lleva a cabo con el objetivo de observar la evolución de la red en un instante específico. Este

análisis se efectúa en un periodo aleatorio, como si se estuviera monitoreando de manera habitual la actividad de la red. Puede llevarse a cabo mediante polígonos de Thiessen.

### **5.11.3. Modelación en periodo extendido**

Esta simulación permite analizar el comportamiento del sistema a lo largo del tiempo, considerando elementos esenciales como la demanda de agua en los medidores, mediante este análisis se puede observar cómo responde el sistema ante distintos escenarios de consumo, lo cual permite evaluar su eficiencia, capacidad e identificar los lugares de mejoras. Según García (2006), en la simulación de un periodo prolongado, se aborda de manera directa la variable tiempo. En cualquier caso, se sostiene que los tiempos de maniobra son considerablemente mayores que los tiempos de viaje de las ondas, lo que evita la aparición de golpes de ariete. La simulación en un periodo prolongado sigue el sistema a lo largo del tiempo a través de una serie de estados estáticos que abarcan aspectos como conectividad, información de tuberías, datos de nodos, información sobre bombas y válvulas, niveles de agua en tanques, entre otros; lo que facilita el dimensionamiento de tanques, la cuantificación de consumos energéticos y el análisis de la calidad del agua.

### **5.12. Repotenciación del sistema hidráulico**

La repotenciación se define como la optimización de un sistema existente para poder mejorar el servicio y la capacidad de abastecimiento y así cumplir con el objetivo, se puede realizar cambios quitar o pone elementos de la red. Según García & Álvarez (2021) para la realización de repotenciación se emplearon fórmulas, procedimientos y pruebas de calidad, por medio de los cuáles se puede planificar la repotenciación.

### **5.13. *Análisis de precios unitarios***

El sector de la construcción, en términos generales, necesita contar con un presupuesto que debe ser evaluado tanto técnica como económicamente. Para ello, es fundamental contar con profesionales capacitados para elaborar informes que incluyan un análisis detallado de costos en cada proceso, rubro y etapa, así como la planificación del cronograma antes de iniciar la obra (Pacheco et al., 2022).

## **6. Metodología**

### **6.1. *Datos preliminares***

#### **6.1.1. *Revisión bibliográfica:***

Se realizó la revisión bibliográfica relacionada con el diseño y funcionamiento de sistemas de abastecimiento de agua potable, con énfasis en entornos rurales. Este proceso incluyó la aplicación de la Norma Técnica CO 10.7-602, que establece los lineamientos para el dimensionamiento y operación de componentes como la conducción, planta de tratamiento y red de distribución, así como los criterios para la estimación de dotaciones, caudales y presiones mínimas.

Se consultaron fuentes institucionales como la Junta Administradora de Agua Potable de Victoria del Portete y Tarqui, el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado de Cuenca (ETAPA EP) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), con el fin de recopilar información normativa, técnica y estadística relevante para el desarrollo del estudio. Asimismo, se consideraron fuentes digitales y bibliografía académica de tesis previas sobre el sistema.

### **6.1.2. Catastro de usuarios**

Se utilizó el catastro actualizado del 2025 entregado por la Junta Administradora de Agua Potable de Victoria del Portete y Tarqui, el cual contiene un registro de las viviendas atendidas por el sistema, agrupadas por sectores de servicio. A partir de la información se identificó la existencia de 18 sectores operativos, que sirvieron como base para organizar la estructura del sistema, calcular la población actual abastecida y estimar la demanda por zonas.

La información contenida en el catastro fue esencial para establecer una primera delimitación territorial del área de estudio, así como para orientar el diseño del muestreo y la asignación de caudales en el modelamiento hidráulico.

### **6.1.3. Delimitación del área de estudio**

La delimitación del área de estudio se realizó con base en los planos contenidos en el informe de la consultoría de, Evaluación y Mejoramiento del Sistema, elaborado por (Junta Administradora de Agua Victoria del Portete y Tarqui, 2022) .

A partir de dicha base, se definió el polígono preliminar del área servida, el cual posteriormente fue verificado mediante georreferenciación y levantamiento topográfico con GNSS RTK durante el trabajo de campo.



#### 6.1.4. Delimitación de la nueva área de estudio

Con base en la delimitación inicial, y tras un análisis conjunto con el técnico de la Junta Administradora, se actualizó el polígono correspondiente al área de estudio. Esta nueva delimitación incorporó sectores que no estaban contemplados originalmente en los planos, tales como Zona Franca, Cofradía, Tañiloma y Morascalle, los cuales ya se encuentran conectados al sistema de distribución de agua potable.

La ampliación del polígono se realizó conforme a las observaciones emitidas por el técnico de la Junta el cual sugirió que se realice de acuerdo con georreferenciación efectuada en campo durante el levantamiento topográfico de los sectores adicionales.

#### 6.1.5. Tasa de crecimiento

Los datos censales fueron analizados por separado para cada parroquia, tomando datos históricos del INEC, 2022 desde el año 1982 hasta el último censo del año 2022. Sin embargo, al obtenerse tasas de crecimiento similares en ambos casos, se optó por utilizar la correspondiente a la parroquia de Tarqui, debido a que no presenta indicios de decrecimiento poblacional, a diferencia de Victoria del Portete. Además, la diferencia entre ambas tasas es mínima y no significativa.

**Tabla 1**

*Datos censales de Victoria del Portete de 1982 y 2022*

<b>Datos</b>	
<b>Año</b>	<b>Población Tarqui</b>
1982	6972
1990	7910
2001	8902
2010	10490
2022	14144

Fuente: Tomado del INEC (2015 -2022).

**Tabla 2***Datos censales de Victoria de Portete (2001–2022)*

<b>Datos</b>	
<b>Año</b>	<b>Población Victoria</b>
2001	4617
2010	5251
2022	6654

Fuente: Tomado del INEC (2015 -2022).

De acuerdo con Torres Degro (2011), existen distintos métodos matemáticos para calcular la tasa de crecimiento poblacional. A continuación, se describen tres de los más comunes que se utilizaron para determinar la tasa de crecimiento:

**6.1.5.1. Método aritmético**

$$r = \frac{\frac{P_f}{P_o} - 1}{n} \quad (2)$$

**Donde:**

r: Tasa de crecimiento anual aritmético

 $P_f$ : Población en el tiempo t $P_o$ : Población inicial en un tiempo  $t_o$ n: Período de diseño número de años ( $t - t_o$ )**6.1.5.2. Método geométrico**

$$r = \left(\frac{P_f}{P_o}\right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (3)$$



**Donde:**

$r$ : Tasa de crecimiento anual geométrico

$P_f$ : Población en el tiempo  $t$

$P_o$ : Población inicial en un tiempo  $t_o$

$n$ : Período de diseño

**6.1.5.3. Método exponencial**

$$r = \frac{\ln\left(\frac{P_f}{P_o}\right)}{n} \quad (4)$$

**Donde:**

$r$ : Tasa de crecimiento anual exponencial

$P_f$ : Población en el tiempo  $t$

$P_o$ : Población inicial en un tiempo  $t_o$

$n$ : Período de diseño

Se selecciona el método exponencial debido a que tuvo mejor ajuste tras aplicar los tres métodos con los datos históricos disponibles, se determinó que el método presenta un mejor ajuste a la tendencia observada en el crecimiento poblacional.

**6.1.6. Proyección poblacional**

La población actual utilizada para las proyecciones corresponde al catastro de usuarios del 2025, elaborado por la Junta Administradora de Agua Potable de Victoria del Portete y Tarqui el cual detalla que el sistema abastece actualmente a un total de 2.161 habitantes, distribuidos en 18 sectores.

**Tabla 3***Red de distribución cerrada*

	SECTOR	Usuarios	Población actual (2025)
1	Churuguzo	135	540
2	Conferencia 1	20	80
3	Conferencia 2	36	144
4	El Descanso	52	208
5	Estación C.	215	860
6	Irquis	126	504
7	La Cofradia	36	144
8	Las Colinas	49	196
9	Morascalle	24	96
10	Rosa de Oro	69	276
11	San José	197	788
12	San Pedro	360	1440
13	Santa lucrecia	148	592

14	Santa Teresita	267	1068
15	Tañiloma	11	44
16	Tarqui Centro	200	800
17	VP Centro	153	612
18	Zona Franca	63	252
<b>TOTAL</b>		<b>2161</b>	<b>8644</b>

*Nota.* Estimación basada en el catastro actualizado de usuarios de agua potable, asumiendo un promedio de 4 personas por vivienda.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Junta Administradora de Agua Victoria del Portete y Tarqui (2022).

Para estimar el número de habitantes por vivienda, se adoptó un valor promedio de 4 personas por hogar, utilizado como criterio técnico de planificación de la Junta Administradora de Agua Victoria del Portete y Tarqui (2022). Esta cifra se considera conservadora, ya que, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2022), el promedio de personas por hogar es de 3,38 en la Parroquia de Victoria del Portete y 3,45 en la Parroquia Tarqui. Por tanto, el valor asumido garantiza la eficiencia en el diseño del sistema.

A partir de la población actual registrada en el catastro, y utilizando la tasa de crecimiento seleccionada, se realizó la proyección poblacional para un período de diseño de 30 años siguiendo las directrices indicadas por las Junta verificando lo mencionado con la normativa mediante la aplicación de los tres métodos demográficos comúnmente utilizados los

cuáles se presenta en la consultoría de Cohima-Consultoría en Hidrología Consultoría en Hidrología, Hidráulica y Medio Ambiente (2024).

#### **6.1.6.1. Método aritmético**

Este método supone que el incremento poblacional es constante a lo largo del tiempo. Es adecuado para poblaciones con crecimiento lento o estable, donde se espera que el número de habitantes aumente en cifras similares cada año. Se tiene la siguiente fórmula:

$$Pf = Po(1 + n * r) \quad (5)$$

#### **Donde:**

*Pf*: Población en el tiempo *t*

*Po*: Población inicial en un tiempo *to*

*n*: Período de diseño

*r*: Tasa de crecimiento anual aritmético (constante)

#### **6.1.6.2. Método geométrico**

En este método se asume que la población crece a una tasa porcentual constante por año, útil cuando se espera que la población crezca a un ritmo constante en términos porcentuales, lo que es común en áreas urbanas en expansión.

$$Pf = Po(1 + r)^n \quad (6)$$

#### **Donde:**

*Pf*: Población en el tiempo *t*

*Po*: Población inicial en un tiempo *to*

*n*: Período de diseño

*r*: Tasa de crecimiento anual geométrico (constante)

### 6.1.6.3. Método exponencial

Se considera más preciso cuando el crecimiento no se mantiene constante, sino que responde a fenómenos dinámicos. Este modelo es apropiado para poblaciones que crecen sin restricciones significativas, aunque en la práctica, factores como recursos limitados pueden afectar este crecimiento.

$$f = P_0 * e^{(n*r)} \quad (7)$$

#### Donde:

$P_f$ : Población en el tiempo  $t$

$P_0$ : Población inicial en un tiempo  $t_0$

$n$ : Período de diseño

$r$ : Tasa de crecimiento anual geométrico (constante)

### 6.1.7. Dotación poblacional

Para el dimensionamiento hidráulico del sistema de agua potable, se consideraron las dotaciones por sector reportadas por la Junta Administradora de Agua Potable de Victoria del Portete y Tarqui. De los 18 sectores identificados, 13 cuentan con dotaciones estimadas previamente, según lo establecido en el informe técnico elaborado por la Junta Administradora de Agua Victoria del Portete y Tarqui, (2022). En la Tabla 2 se detallan los valores para cada sector con información disponible.

**Tabla 4***Dotación de agua por habitante en sectores evaluados*

SECTOR	Dotación Bruta (l/hab/día)
Churuguzo	106.59
Conferencia 1	259.57
Conferencia 2	259.57
El Descanso	78.11
Estación C.	108.72
Irquis	105.46
Las Colinas	129.85
Rosa de Oro	31.55
San José	91.69
San Pedro	102.27
Santa lucrecia	94.63
Santa Teresita	128.79
Tarqui Centro	159.8
VP Centro	199.23
<b>TOTAL</b>	<b>120.33</b>

*Nota.* Dotaciones estimadas en el informe técnico

Fuente: Datos de la Junta Administradora de Agua Victoria del Portete y Tarqui (2022).

En los cinco sectores restantes, donde no se dispone de datos históricos de dotación, se realizó mediciones en el consumo en campo. Para estimar las dotaciones en estos sectores, se adopta el criterio técnico definido por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, n.d.) el cual establece que:

La dotación media de una localidad se obtiene a partir de los consumos registrados por el organismo operador o mediante un estudio de demandas, dividiendo el consumo total que incluye el servicio doméstico, comercial, industrial y público, más las pérdidas físicas entre el número de habitantes. CONAGUA, n.d.

De esta manera se asume un promedio de 4 habitantes por vivienda, de acuerdo con los datos del censo y lo establecido en el informe de consultoría

Con base en este criterio, la dotación se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Dotación = \frac{Am}{n} \quad (8)$$

**Donde:**

*Am*: Volumen promedio de consumo por vivienda (l)

*n*: Número promedio de personas por vivienda (*4 habitantes*)

### **6.1.8. Determinación del Tamaño de Muestra**

Para determinar el número de viviendas en las que se realizarían las mediciones de volúmenes horarios de consumo durante el trabajo de campo, se utilizó la fórmula estadística para poblaciones finitas. Esta herramienta permite calcular una muestra representativa del total de conexiones registradas, asegurando que los datos recolectados reflejen fielmente los patrones reales de consumo.

Para el cálculo se considera la población total correspondiente a 2161, valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma con relación al 95% de confianza equivale a 1,96 (como más usual) o en relación al 99% de confianza equivale 2,58, valor que queda a criterio del investigador (Cantoni, N. M. 2009).

Asimismo, se utilizó una proporción (p) de 0.5 y un complemento (q) de 0.5, valores comúnmente aplicados cuando no se dispone de datos previos sobre la variabilidad de la población y con un margen de error (e) de 0.3, lo que implica que los resultados estimados podrán desviarse hasta un 30% respecto al valor real.

Con estos parámetros, y aplicando la fórmula recomendada por Ortega Aranda y Tejedor De León (2022) en su informe técnico, se determinó el tamaño mínimo de muestra necesario

para realizar las mediciones de forma eficiente y representativa, sin necesidad de intervenir la totalidad de las viviendas conectadas al sistema. de la siguiente manera:

$$n = \frac{N * Z * p * q}{e^2 * [(N - 1) + Z^2 * p * q]} \quad (9)$$

**Donde:**

*n*: Tamaño de muestra

*N*: Tamaño de la población total (número de usuarios)

*Z*: Valor Z según el nivel de confianza

*p*: Proporción estimada (0.5 si no se conoce)

*q*: 1 - *p*

*e*: Margen de error

Sustituyendo los valores, se obtuvo una muestra de 19 viviendas, que serán utilizadas como base para la toma de datos de consumo horario en campo.

### **6.1.9. Coordinación técnica y logística del trabajo de campo**

Previo al desarrollo de las actividades en campo, se llevaron a cabo reuniones de coordinación con el técnico responsable de la Junta de Agua, se definieron aspectos como la planificación de las salidas y el acompañamiento institucional durante el trabajo de campo.

La colaboración entre la Junta, el equipo de prácticas y el grupo de trabajo facilitó la ejecución eficiente de las actividades, incluyendo la toma de datos, la georreferenciación de usuarios y el contacto directo con la comunidad. Asimismo, se mantuvieron reuniones con los estudiantes de prácticas de servicio comunitario y su tutor académico para la organización de las actividades propuestas. En la figura 1 se presenta la reunión de coordinación.



## Figura 7

### *Reunión de coordinación técnica con la JAAP*



*Notas.* Reunión de planificación previa al trabajo de campo.

## 6.2. Información de campo

### 6.2.1. Selección de viviendas

En coordinación con el técnico de la Junta de Agua Potable, se determinó la necesidad de realizar el registro de volúmenes de consumo en un total de 24 viviendas, seleccionadas de manera estratégica en distintos sectores donde se concentran los usuarios del sistema. La elección de estas viviendas consideró como criterios principales la presencia de una alta concentración poblacional, niveles elevados de consumo y su ubicación en zonas de difícil acceso.

Para realizar esta selección, se llevó a cabo un recorrido de campo junto al técnico responsable de la Junta, de esta manera ubicar las viviendas más representativas para el muestreo así asegurar una distribución adecuada de las mediciones en el territorio.

## Figura 8

### *Selección de viviendas para registro de consumo*



*Nota.* Recorrido realizado junto al personal de la Junta de Agua Potable

Durante el recorrido, se evaluaron las condiciones de accesibilidad, la ubicación de los medidores instalados, disponibilidad de los usuarios para permitir los registros, la representatividad de cada sector dentro del sistema de abastecimiento.

### **6.2.2. Registro de volumen**

En las 24 viviendas seleccionadas, se llevó a cabo un registro manual del volumen de agua consumido cada hora, durante el horario comprendido entre 07:00 y 19:00. Las mediciones se realizaron durante dos días, con el propósito de reducir la variabilidad diaria y obtener datos más representativos del consumo real.

En base de registros de volúmenes de consumo disponibles, se realizó el cálculo de las dotaciones que faltaban para los sectores de La Cofradia, Morascalle, Tañiloma y Zona Franca.

En aquellos sectores donde se tomaron registros de más de una vivienda, los valores individuales de consumo fueron promediados para obtener un promedio representativo del sector. Este promedio se utilizó como base para el cálculo de la dotación, aplicando la ecuación anteriormente mencionada.

El registro fue realizado por los estudiantes en prácticas de servicio comunitario, quienes registraron los volúmenes hora a hora mediante fichas impresas y medidores de lectura directa instalados previamente en cada vivienda. La información obtenida fue posteriormente tabulada y analizada para construir patrones de consumo por sector y apoyar el dimensionamiento hidráulico del sistema.

### **Figura 9**

#### *Registro de consumo*



*Nota.* Recorrido realizado junto a los estudiantes de prácticas de servicio

### **6.2.3. Levantamiento topográfico del polígono de cobertura**

Se realizó un levantamiento topográfico del polígono de cobertura del sistema de agua potable gestionado por la Junta Administradora de Agua Potable de Victoria del Portete y Tarqui, utilizando un equipo RTK, que permitió obtener coordenadas georreferenciadas con alta precisión en tiempo real.

**Figura 10***Levantamiento del polígono con equipo GNSS RTK*

*Nota.* Actividades realizadas en campo junto al técnico de la JAP

La actividad se desarrolló con la participación del personal técnico de la Junta, quienes brindaron apoyo en la identificación de los límites operativos del sistema y facilitaron el acceso a sectores clave. Los puntos fueron ubicados considerando la localización de tanques de reserva y la extensión actual de la red de distribución.

Con base en la zona de influencia estimada del sistema que brinda servicio a las parroquias Tarqui y Victoria del Portete, se seleccionaron 25 puntos de control georreferenciados distribuidos estratégicamente en el área de estudio. Estos puntos fueron definidos para representar de manera adecuada la variabilidad topográfica del terreno y contribuir a una delimitación precisa del área funcional del sistema.

La distribución de los puntos contempló zonas altas, bajas y sectores críticos de la red de distribución. Además, esta información fue fundamental para corregir y caracterizar adecuadamente la topografía de la zona, lo cual es esencial para el análisis hidráulico del sistema



#### 6.2.4. Georreferenciación de usuarios

Como complemento a los datos existentes, se procedió a realizar la georreferenciación de los usuarios conectados al sistema de agua potable. Esta actividad permitió registrar la ubicación precisa de las viviendas abastecidas, utilizando un equipo RTK.

El trabajo de campo fue desarrollado en colaboración con el personal técnico de la Junta y el apoyo de estudiantes en prácticas de servicio comunitario, quienes facilitaron la localización de usuarios en sectores de difícil acceso. Esta labor fue fundamental para incorporar seis sectores que no estaban incluidos en los registros previos: Tañiloma, Zona Franca, Las Colinas, Morascale, Conferencia y Cofradia. Los datos obtenidos fueron organizados y almacenados para su procesamiento en el trabajo de oficina.

#### Figura 11

##### *Georreferenciación de los Usuarios*



*Nota.* Actividades realizadas en campo junto al técnico de la JA

### 6.3. Trabajo de oficina

Los datos recolectados durante el trabajo de campo, correspondientes a lecturas horarias de medidores en los diferentes sectores, fueron procesados utilizando una hoja de cálculo en Excel, El procedimiento de cálculo se realizó de la siguiente manera:

#### 6.3.1. Cálculo del volumen de consumo por sectores

Los datos recolectados durante el trabajo de campo, correspondientes a lecturas horarias de medidores, fueron clasificados y procesados para 12 de los 18 sectores considerados. En los sectores restantes, debido a la baja cantidad de usuarios y por tener características similares a los demás se optó por analizar el comportamiento del consumo utilizando los datos obtenidos en sectores cercanos con características similares.

El procesamiento de la información se realizó mediante una hoja de cálculo en Excel, estructurada con fórmulas y validaciones automáticas. La metodología aplicada para calcular los volúmenes horarios por vivienda, por sector y su conversión a litros se desarrolló con base en los lineamientos técnicos propuestos por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, n.d.).

##### 6.3.1.1. Cálculo del consumo horario por vivienda y por día

Para cada vivienda se cuenta con lecturas horarias registradas durante dos días consecutivos. A partir de la lectura inicial y final por hora en cada día, se calcula el volumen consumido mediante la siguientes:

$$Am1.1 = LecturafinalV1Día1 - LecturainicialV1Día1 \quad (10)$$

$$Am1.2 = LecturafinalV1Día2 - LecturainicialV1Día2 \quad (11)$$

$$Am2.1 = LecturafinalV2EDía1 - LecturainicialV2Día1 \quad (12)$$

$$Am2.1 = LecturafinalV2Día1 - LecturainicialV2Día1 \quad (13)$$

### 6.3.1.2. Cálculo del consumo por Sectores

$$Am3 = \frac{(Am1.1 + Am1.2 + Am2.1 + Am2.1)}{n} \quad (14)$$

#### Dónde:

$Am3$ : Promedio de consumo horario entre viviendas ( $m^3$ )

$Am1.1$  y  $Am1.2$ : Consumos horarios de la vivienda 1 en el primer y segundo día ( $m^3$ )

$Am2.1$  y  $Am2.2$ : Consumos horarios de la vivienda 2 en el primer y segundo día.

$n$ : Número total de viviendas medidas

### 6.3.1.3. Cálculo del consumo de Sectores con una vivienda medidas durante dos días

$$Am3 = \frac{(Am1.1 + Am1.2)}{n} \quad (15)$$

#### Dónde

$Am3$ : Promedio de consumo horario entre viviendas ( $m^3$ )

$Am1.1$  y  $Am1.2$ : Consumos horarios de la vivienda 1 en el primer y segundo día ( $m^3$ )

$n$ : Número total de viviendas medidas

### 6.3.1.4. Cálculo del consumo promedio

La conversión de metros cúbicos a litros se realiza con la siguiente fórmula:

$$Av = Am3 \times 1000 \quad (16)$$

#### Dónde:

$Am3$ : Consumo promedio por hora entre viviendas ( $m^3$ )

$Av$ : Consumo promedio horario en litros (l)

### 6.3.2. Fugas

Para la determinación de la dotación neta, se consideran los porcentajes de fugas establecidos En la NORMA CO 10.7 – 602

**Tabla 5**

*Porcentajes de fugas en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable*

NIVEL DEL SERVICIO	PORCENTAJE DE FUGAS
la y lb	10%
lla y llb	20%

*Nota.* Fugas para considerarse en el diseño de sistema

Fuente: Norma CO 10.7 – 602

### 6.3.3. Dotación

En base de los datos obtenidos de registros de volúmenes se realizó el cálculo de las dotaciones faltantes para los sectores de La Cofradía, Morascalle, Tañiloma y Zona Franca. Para este cálculo se utilizó la Ecuación 1

En aquellos sectores donde se tomaron registros de más de una vivienda, los valores individuales de consumo fueron promediados con fin de obtener un valor representativo del sector. Este promedio se empleó como base del cálculo de la dotación, aplicando la ecuación mencionada.

### 6.3.4. Dotación con fugas

El cálculo de la dotación con fugas se realizó utilizando la Ecuación 1, incorporando el porcentaje de pérdidas indicado previamente según el nivel de servicio. Para cada sector, se aplicó el porcentaje correspondiente conforme a la Tabla 5



### 6.3.5. Caudales de diseño

Los caudales de diseño se calculan en base a los datos obtenidos, aplicando las variaciones de consumo establecidas en la Norma Técnica Ecuatoriana 10.7 – 602.

#### 6.3.5.1. Caudal medio diario

$$Q_m = f \times \frac{(P \times D)}{86400} \quad (17)$$

**Donde:**

$Q_m$ : Caudal medio diario (l/s)

$f$ : Factor de fugas

$P$ : Población al final del período de diseño

$D$ : Dotación futura (l/hab x día)

#### 6.3.5.2. Caudal máximo diario

$$Q_{MD} = K_{MD} \times Q_m \quad (18)$$

**Donde:**

$Q_{MD}$ : Caudal máximo diario (l/s)

$K_{MD}$ : Factor de mayoración máximo diario (1.25)

#### 6.3.5.3. Caudal máximo horario

$$Q_{MH} = K_{MH} \times Q_m \quad (19)$$

**Donde:**

$Q_{MH}$ : Caudal máximo horario (l/s)

$K_{MH}$ : Factor de mayoración máximo horario (3)

### 6.3.6. Curva de consumo horario

Las curvas de consumo horario se calcularon para 12 sectores que contaban con registros completos de mediciones horarias. Para los sectores restantes, en los que no fue posible realizar

mediciones directas, se consideraron las curvas de sectores cercanos con características similares en cuanto a cantidad de usuarios y la ubicación geográfica.

Según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) la variación del consumo de agua a lo largo del día se representa mediante la relación entre el consumo de agua en una hora y el caudal medio diario definida por el coeficiente de variación horaria.

$$Kh = \frac{q}{qm} \quad (20)$$

**Donde:**

*Kh*: Coeficiente de variación

*q*: Consumo de agua en una hora

*qmed*: Caudal medio diario

Sin embargo, en el presente estudio se adoptó la notación *Qm* para representar el caudal medio diario, conforme a lo establecido en la Norma CO 10.7 – 602, con el fin de mantener coherencia en los cálculos, de esta manera, la expresión se redefine como:

$$Kh = \frac{q}{Qm} \quad (21)$$

Donde:

*Kh*: Coeficiente de variación

*q*: Consumo de agua en una hora

*Qm*: Caudal medio diario

#### **6.3.6.1. Cálculo del consumo de agua en una hora**

Una vez obtenido el valor de *Av* mediante la aplicación de la Fórmula 16, el caudal horario se calculó con base en la metodología de la (CONAGUA) utilizando la siguiente expresión:

$$q = \frac{Av}{At} \quad (22)$$

**Dónde:**

$q$ : Consumo de agua en una hora (l/s)

$Av$ : Consumo promedio horario (l)

$At$ : Número de segundos en una hora

**6.3.7. Modelamiento topológico**

El modelamiento topológico se realizó como parte del análisis del sistema de agua potable, con la finalidad de representar el terreno de forma precisa. Para ello, se utilizaron las curvas de nivel descargadas del Sistema de Información Catastral (SIC), las cuáles fueron corregidas utilizando los puntos de control georreferenciados levantados en campo.

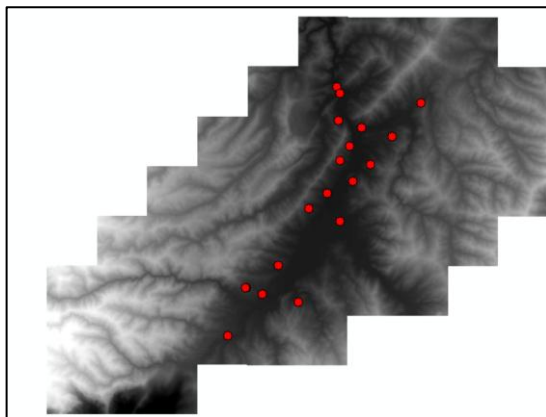
**6.3.7.1. Importación de datos**

Los puntos GPS levantados en campo mediante tecnología RTK fueron importados al entorno de ArcGIS para realizar el proceso de ortorrectificación y obtener cotas apropiadas para el modelo ajustando los DATUM, validando las cotas

Los puntos GPS levantados en campo mediante tecnología RTK fueron importados al entorno de ArcGIS para realizar el proceso de ortorrectificación y obtener cotas apropiadas para el modelo. Durante este procedimiento, se realizó el ajuste correspondiente de los DATUM y se validaron las cotas obtenidas.

## Figura 12

*DEM con puntos de control georreferenciados*



*Nota.* Se muestra el Modelo Digital de Elevación (DEM)

Fuente: Por los autores.

Una vez validados los 25 puntos de control, se aplicaron métodos de interpolación como TIN (Triangular Irregular Network) e IDW (Inverse Distance Weighting), generando una superficie continua del terreno. Mediante la tabla de atributos se obtuvieron los valores de las elevaciones en base al ráster del SIG Tierras; los valores se exportaron a Excel y se compararon con las elevaciones medidas en campo.

A partir de esta comparación, se calculó la diferencia entre elevaciones y dando un promedio de 6.2. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 4.

Cabe señalar que el ráster del SIG Tierras utilizado corresponde a la adquisición de fotografía aérea para generar más de 43.800 ortofotografías, realizada entre los años 2011 y 2012, según la información publicada por el Geo portal del Agro Ecuatoriano (2023) , en el portal oficial de datos abiertos del Ecuador. Aunque el ráster se encuentra georreferenciado, no representa con exactitud las pendientes ni las elevaciones actuales en algunos sectores debido a que, durante el proceso de generación del modelo, es posible que se hayan omitido ciertas edificaciones o elementos topográficos, generando así diferencias puntuales.

Por esta razón, se realiza la ortorrectificación vertical, que consiste en ajustar las diferencias de altura entre los datos del modelo existente y las mediciones reales tomadas en campo, mejorando la precisión del modelo en zonas donde se detectaron inconsistencias.

Si bien no se pretende alcanzar una exactitud absoluta, el cálculo del promedio de diferencia ayuda a realizar un ajuste general de los niveles.

**Tabla 6**

*Diferencia entre elevaciones medidas y el ráster*

Elevación puntos de control	Elevación en base al ráster	Diferencia
2636.43	2631.459961	4.9700391
2636.43	2631.459961	4.9700391
2632.264	2627.280029	4.9839707
2634.23	2628.399902	5.8300977
2634.227	2628.399902	5.8270977
2701.334	2697.070068	4.2639316
2685.123	2680.459961	4.6630391
2736.47	2732.330078	4.1399219
2739.988	2735.889893	4.0981074
2654.033	2650.219971	3.8130293
2653.773	2649.560059	4.2129414
2684.407	2680.439941	3.9670586
2700.902	2695.639893	5.2621074
2644.442	2640.540039	3.9019609
2705.381	2700.199951	5.1810488
2686.823	2682.830078	3.9929219
2671.804	2668.030029	3.7739707
2655.807	2649.659912	6.1470879
2636.22	2614.330078	21.8899219
2622.408	2618.139893	4.2681074
2669.737	2650.330078	19.4069219
2654.86	2648.77002	6.0899805
2688.802	2684.189941	4.6120586
2632.158	2626.889893	5.2681074
2632.193	2627.159912	5.0330879
Promedio		6.02266227

Nota: Promedio de diferencia altimétrica

Elaborado por: los autores

Este valor promedio fue utilizado como factor de corrección altimétrica, aplicado al modelo mediante la herramienta Ráster Calculator, ajustando la superficie con respecto a los datos de los puntos de control levantados.

#### **6.3.7.2. *Exportación de curvas de nivel***

Se exportaron curvas de nivel con una separación de 1 metro, las cuáles fueron utilizadas para asignar elevaciones a las modelaciones, nodos, viviendas, tanques y otros elementos del sistema de distribución

De forma complementaria, se crearon curvas de nivel con una separación de 200 metros, para mejorar la visualización del proyecto. Ambas versiones fueron procesadas y representadas en Autodesk Civil 3D, donde sirvieron como base para el diseño, ajuste y presentación del sistema de abastecimiento de agua potable.

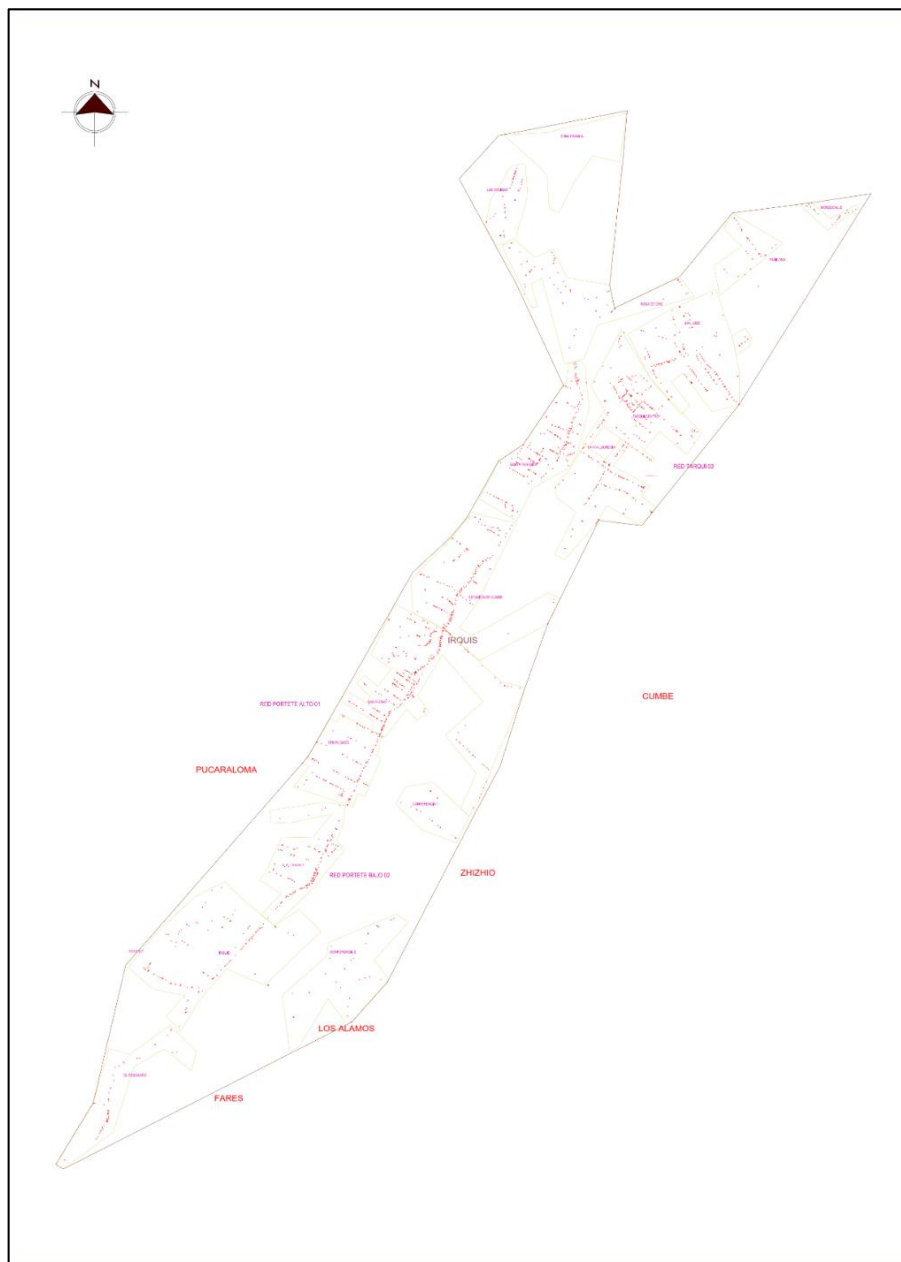
#### **6.3.7.3. *Georeferenciación de usuarios***

Los datos obtenidos en campo durante el levantamiento de georeferenciación fueron organizados inicialmente en Excel, con la estructura de identificación de cada usuario y sus respectivas coordenadas UTM. Los puntos se agruparon por sectores de servicio, conforme a la distribución establecida en el catastro actualizado proporcionado por la Junta Administradora. Como se mencionó anteriormente la georeferenciación solo se realizó de los sectores faltantes Tañiloma, Zona Franca, Las Colinas, Morascalle, Conferencia 1 Conferencia 2 y Cofradia. Los datos obtenidos fueron organizados y almacenados para su procesamiento en el trabajo de oficina.

Los nuevos registros levantados en campo complementaron los sectores que no tenían georeferenciación previa. De esta manera, fue posible unificar la información de los 18 sectores operativos, contando con la ubicación de los usuarios en la totalidad del sistema.

**Figura 13**

Georeferenciación *de usuarios por sectores*



Nota. Se muestra el Modelo Digital de Elevación. Elaborado por: los autores

**6.3.7.4. Generación del polígono**

Se delimitó el polígono del área de aporte actual del sistema en función de los puntos georeferenciados y bajo coordinación de la junta. La delimitación fue realizada comparando los

puntos levantados con los planos existentes dados por la junta y registros previos, lo que permitió establecer con mayor precisión el área servida real. y sirvió como insumo fundamental para la asignación de elevaciones y el modelamiento hidráulico de la red como se muestra en la Figura 13

#### **6.4. Evaluación del sistema hidráulico**

La Junta de Agua Potable de Victoria del Portete y Tarqui abastece a un total de 18 sectores, con una población actual estimada de 8.644 habitantes según el catastro actualizado al año 2025. Con base en el diagnóstico técnico, trabajo de campo y normativa vigente CO 10.7 – 602, se llevó a cabo la evaluación de los componentes principales del sistema: conducción, planta de tratamiento y red de distribución. A partir de esta evaluación, se plantearon propuestas de repotenciación para mejorar la eficiencia operativa, garantizar la continuidad del servicio y cubrir la demanda futura proyectada.

El presente proyecto adopta un enfoque metodológico de evaluación del sistema de agua potable, considerando de forma articulada los tres componentes fundamentales del sistema: la línea de conducción, la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) y la red de distribución. La evaluación no se realiza de manera aislada para cada componente, sino que se plantea como un análisis sincronizado.

##### **6.4.1. Evaluación del sistema de conducción**

Con base en la evaluación desarrollada por Abad y Zhicay (2025), quienes modelaron el sistema de conducción de agua cruda utilizando el software Bentley HAMMER donde simularon fenómenos transitorios y condiciones operativas de la red. Su evaluación técnica planteó dos escenarios de análisis: la continuidad del sistema actual (Alternativa 1) y la implementación de una nueva línea de conducción paralela (Alternativa 2).



#### **6.4.1.1. Red existente sin intervención**

El modelamiento hidráulico les permitió evidenciar diversas deficiencias en la infraestructura actual: fluctuaciones críticas de presión, acumulación de aire en tramos elevados, debido a la falta de válvulas de purga o ventosas, pérdidas de carga significativas por la longitud, condición de las tuberías y capacidad hidráulica insuficiente

#### **6.4.1.2. Nueva línea de conducción paralela**

Como respuesta a las limitaciones detectadas, propusieron la construcción de una conducción paralela, diseñada para transportar un caudal de 41.73 l/s, correspondiente a la demanda proyectada. Según los resultados de su modelamiento hidráulico, esta alternativa representa una mejora sustancial frente al sistema actual:

- Mejora en la distribución de presiones a lo largo de la red.
- Reducción de pérdidas de carga.
- Mayor confiabilidad operativa y capacidad de respuesta ante condiciones variables.

En marco del presente proyecto no se realizó un nuevo modelamiento hidráulico de la línea de conducción. Sin embargo, la evaluación desarrollada por Abad y Zhicay, (2025) se tomó como base técnica para el análisis de la red de distribución en dos escenarios:

- Estado actual, considerando 20 l/s entregado por la conducción existente.
- Escenario propuesto, con la implementación de la conducción paralela y un caudal de diseño de 40 l/s

#### **6.4.2. Evaluación de la planta se tratamiento**

La Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) del sistema Victoria del Portete y Tarqui cumple un papel fundamental en el proceso de potabilización del recurso hídrico captado desde el río Irquis En el presente proyecto, se toma como base la referencia de la evaluación

desarrollada por Arcentales Auquilla (2025), quien identificó deficiencias estructurales, operativas e hidráulicas, entre ellas: capacidad limitada de tratamiento frente a la demanda actual; deterioro estructural en unidades de sedimentación, floculación y desinfección; falta de automatización en los procesos de dosificación de productos químicos y ausencia de monitoreo en línea, lo cual dificulta el control continuo de parámetros como pH, turbidez y cloro residual.

El proyecto de Arcentales Auquilla (2025) plantea una repotenciación integral de la Planta de Tratamiento, que incluye la ampliación de la capacidad de tratamiento, la implementación de nuevas unidades de sedimentación y filtración, la automatización del sistema de dosificación, así como la incorporación de sensores para el monitoreo en tiempo real de los parámetros de calidad del agua.

En el presente estudio, se adopta esta evaluación como base técnica para considerar las condiciones de operación actuales de la PTAP dentro del análisis hidráulico general. Además, evaluar el porcentaje de llenado de los tanques de acuerdo con cada simulación.

#### **6.4.3. Evaluación de la red de Distribución**

Para realizar el análisis integral de la red de distribución del sistema Victoria del Portete y Tarqui, se sincronizaron los datos hidráulicos provenientes de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) y del sistema de conducción. El estudio consideró dos escenarios operativos definidos por caudales de entrada de 20 l/s correspondiente al caudal actual limitado y 40 l/s proyectado con la implementación de la nueva línea de conducción.

La evaluación se desarrolló mediante el uso de herramientas del software Bentley WaterGEMS

Para realizar la distribución de la demanda en los diferentes sectores del sistema, se aplicaron dos metodologías complementarias:

- **Método del Polígono de Thiessen:** Delimitación de áreas de influencia por nodo dependiendo de cada sector, analizado mediante la simulación estática.
- **Método de Customer Meter:** Basada en georreferenciación de viviendas, población y dotaciones, usadas en simulación en periodo extendido (EPS).

Se modelaron 2.161 viviendas, considerando cuatro habitantes por vivienda, y se integraron caudales institucionales diferenciados para entidades educativas, de salud y administrativas.

## 6.5. Configuraciones Hidráulicas realizadas

### 6.5.1. Tuberías

Los diámetros de las tuberías se configuraron de acuerdo con la información contenida en los planos de Junta Administradora de Agua Victoria del Portete y Tarqui (2022). la cual se analiza que en la actualidad la red hidráulica está compuesta por una línea de conducción principal de 200 mm, rama principal de 160 mm, y varios ramales secundarios con diámetros de 110 mm, 60 mm y 32 mm.

Para el proceso de modelamiento hidráulico, se utilizaron los diámetros interiores reales de las tuberías, según el catálogo técnico de Plastigama, los valores correspondientes se presentan en la Tabla 5, lo que garantiza una simulación más precisa de las condiciones reales de operación. Los valores correspondientes se presentan en la Tabla 7 donde se detallan las presiones de trabajo para las uniones tipo U/Z y E/C.

Cabe recalcar que la longitud de la tubería de conducción fue obtenida de Abad y Zhicay (2025).

**Tabla 7**

*Diámetros para tuberías PVC*

Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Espesor Nominal (mm)	Presiones de trabajo
--------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------

UNIÓN U/Z	UNIÓN E/C	Mm	mm	Mpa	PSI (lb/pulg <sup>2</sup> )	Kgf/cm <sup>2</sup>
	20	17.8	1.1	1.25	181	12.75
		16.8	1.6	2	290	20.4
	25	22.8	1.1	1	145	10.2
		21.8	1.6	1.6	232	16.32
	32	29.8	1.1	0.8	116	8.16
		28.8	1.6	1.25	181	12.75
		37.8	1.1	0.63	91	6.43
	40	36.8	1.6	1	145	10.2
		36	2	1.25	181	12.75
		47.4	1.3	0.63	91	6.43
	50	46.8	1.6	0.8	116	8.16
		46	2	1	145	10.2
		45	2.5	1.25	181	12.75
		59.8	1.6	0.63	91	6.43
	63	58.8	2.1	0.8	116	8.16
		58	2.5	1	145	10.2
		56.8	3.1	1.25	181	12.75
		72	1.5	0.5	73	5.1
		71.2	1.9	0.63	91	6.43
	75	70.2	2.4	0.8	116	8.16
		69	3	1	145	10.2
		67.6	3.7	1.25	181	12.75
		86.4	1.8	0.5	73	5.1
		85.4	2.3	0.63	91	6.43
	90	84.2	2.9	0.8	116	8.16
		82.8	3.6	1	145	10.2
		81.2	4.4	1.25	181	12.75
		105.6	2.2	0.5	73	5.1
		104.6	2.7	0.63	91	6.43
	110	103.2	3.4	0.8	116	8.16
		101.6	4.2	1	145	10.2
		99.6	5.2	1.25	181	12.75
		134.4	2.8	0.5	73	5.1
	140	133.2	3.4	0.63	91	6.43
		131.4	4.3	0.8	116	8.16
Diámetro nominal (mm)		Diámetro interior (mm)	Espesor Nominal (mm)	Presiones de trabajo		
UNIÓN U/Z	UNIÓN E/C	Mm	Mm	Mpa	PSI (lb/pulg <sup>2</sup> )	Kgf/cm <sup>2</sup>
	160	153.6	3.2	0.5	73	5.1

	152.2	3.9	0.63	91	6.43
	150	5	0.8	116	8.16
	147.6	6.2	1	145	10.2
	144.8	7.6	1.25	181	12.75
	192.2	3.9	0.5	73	5.1
	190.2	4.9	0.63	91	6.43
200	187.6	6.2	0.8	116	8.16
	184.6	7.7	1	145	10.2
	181	9.5	1.25	181	12.75
	240.2	4.9	0.5	73	5.1
	237.8	6.1	0.63	91	6.43
250	234.4	7.8	0.8	116	8.16
	230.8	9.6	1	145	10.2
	226.2	11.9	1.25	181	12.75
	302.4	6.3	0.5	73	5.1
	299.6	7.7	0.63	91	6.43
315	295.4	9.8	0.8	116	8.16
	290.8	12.1	1	145	10.2
	285	15	1.25	181	12.75
	341	7	0.5	73	5.1
	337.6	8.7	0.63	91	6.43
355	333	11	0.8	116	8.16
	327.6	13.7	1	145	10.2
	321.2	16.9	1.25	181	12.75
	384.2	7.9	0.5	73	5.1
	380.4	9.8	0.63	91	6.43
400	375.2	12.4	0.8	116	8.16
	369.2	15.4	1	145	10.2
	362	19	1.25	181	12.75
	475.4	12.3	0.63	91	6.43
50	469	15.5	0.8	116	8.16
	461.6	19.2	1	145	10.2
	452.4	23.8	1.25	181	12.75
	599	15.5	0.63	91	6.43
630	591	19.5	0.8	116	8.16
	581.6	24.2	1	145	10.2

*Nota.* tuberías de presión EC y UZ

Fuente: Elaborado por Plastigama

### 6.5.2. Tanques de almacenamiento

Se incorporaron al modelo dos tanques de almacenamiento el primero corresponde a la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca (ETAPA) donde se encuentra la planta de tratamiento y el otro perteneciente a la junta de agua, incluyendo sus dimensiones y características técnicas específicas, tal como se indica en la Tabla 8.

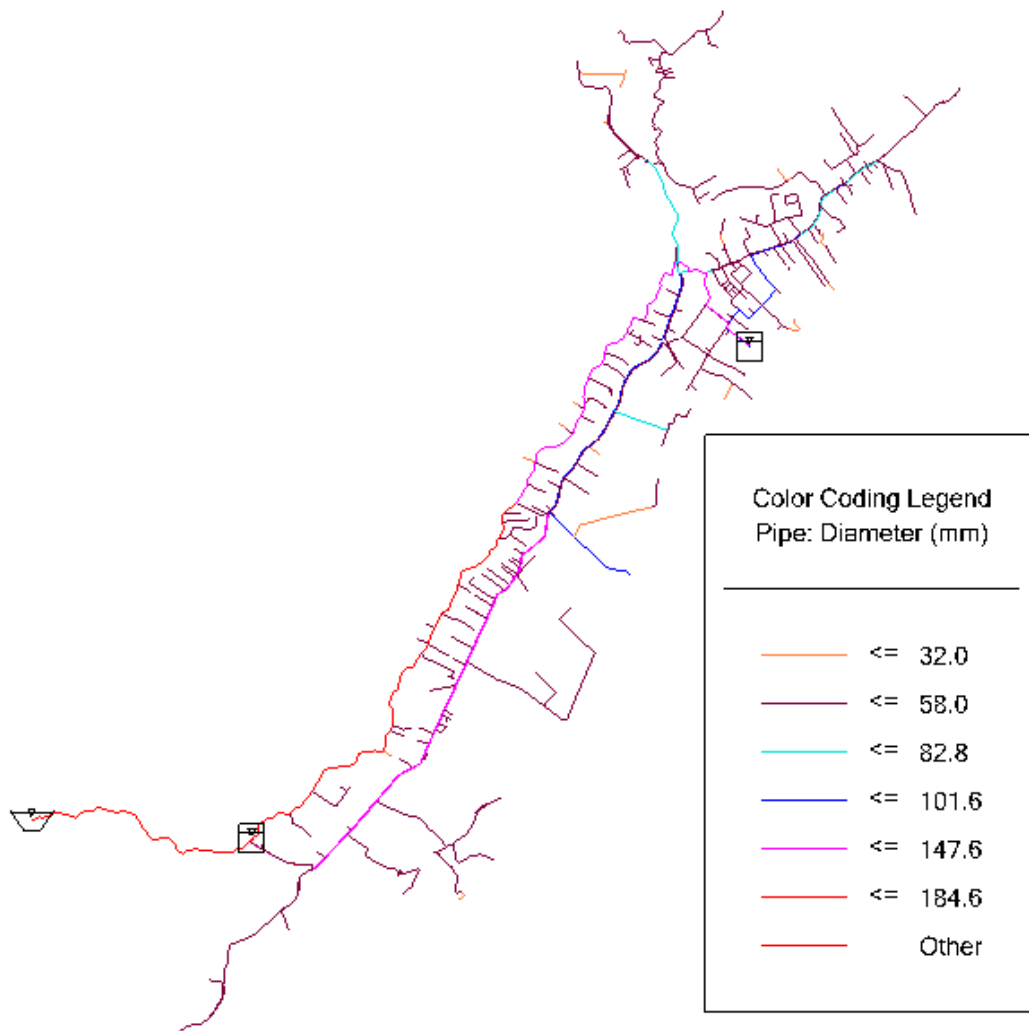
**Tabla 8**

*Dimensiones de Tanques*

<b>Tubería de conducción</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Sección</b>	<b>Área m<sup>2</sup></b>	<b>Altura m</b>	<b>Vol m<sup>3</sup></b>
Tanque 1	Cuadrada	114.3	3.5	400
Tanque 2	Circular	53.3	3	160

Elaborado por: los autores en base a los datos de Junta Administradora de Agua Victoria del Portete y Tarqui, 2022)

La configuración general del sistema, con el trazado de tuberías y ubicación de tanques, se muestra en la Figura 14.

**Figura 14***Captación, tanques y tuberías del sistema*

*Nota.* Se visualizan la captación, tanques de almacenamiento y las tuberías con sus respectivos diámetros mostrado por colores mostrado en la leyenda

Elaborado por: los autores

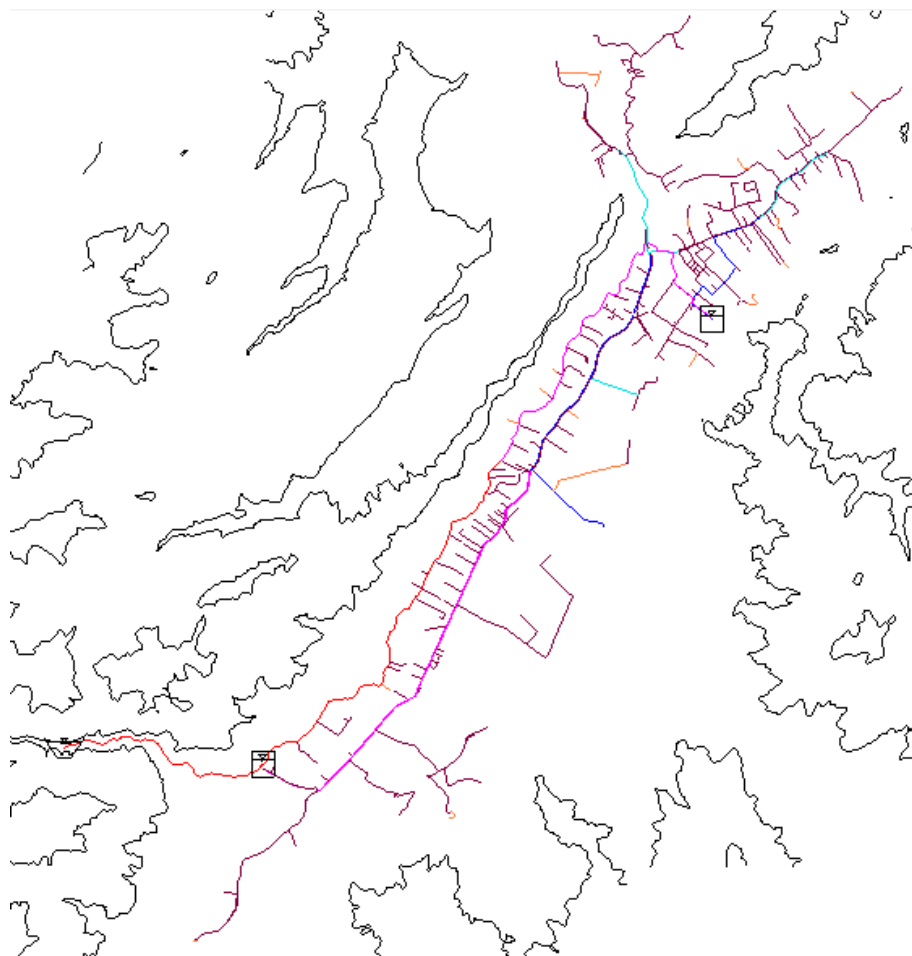
### 6.5.3. Asignación de elevación

Se realizó la asignación de cotas altimétricas a los elementos principales del modelo, como tanques y nodos. Este proceso se llevó a cabo utilizando las curvas de nivel previamente generadas durante el trabajo de oficina

La asignación se ejecutó dentro del software WaterGEMS, empleando la herramienta TRex (Terrain Extractor) Como resultado, cada nodo y tanque del sistema quedó vinculado a una elevación real. La distribución de estas elevaciones puede visualizarse en la Figura 15, donde se presentan los elementos del sistema con sus respectivas cotas asignadas.

### Figura 15

*Sistema hidráulico asignado las elevaciones*



*Nota.* elementos hidráulicos asignados las cotas

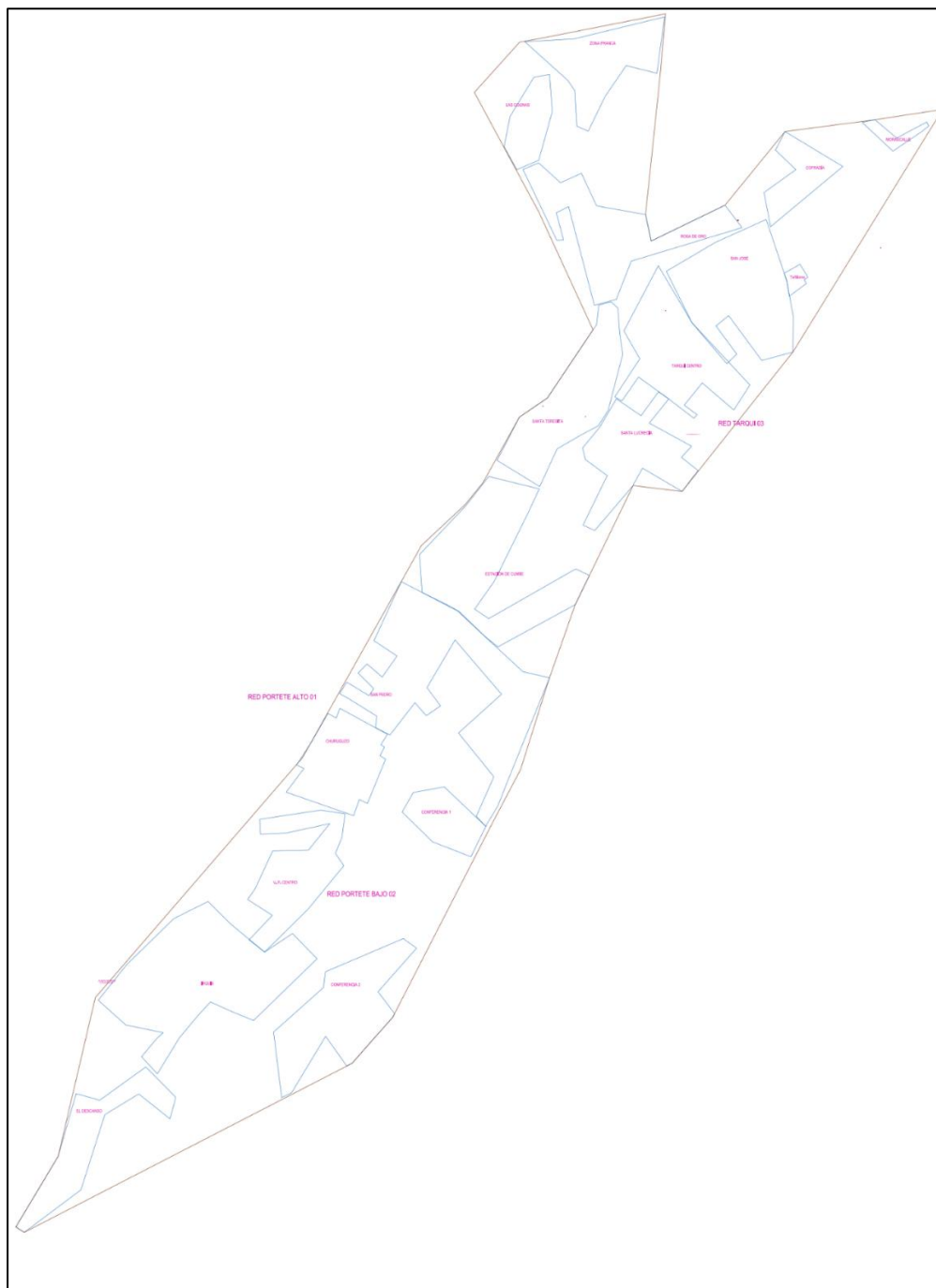
Elaborado por: los autores



#### **6.5.4. Sectorización y Asignación de Demanda**

##### ***6.5.4.1. Método de Polígonos de Thiessen***

Se tomó como base la sectorización en 18 zonas, representadas en la Figura 16

**Figura 16***Sectorización de los 18 sectores*

*Nota.* elementos hidráulicos asignados las cotas

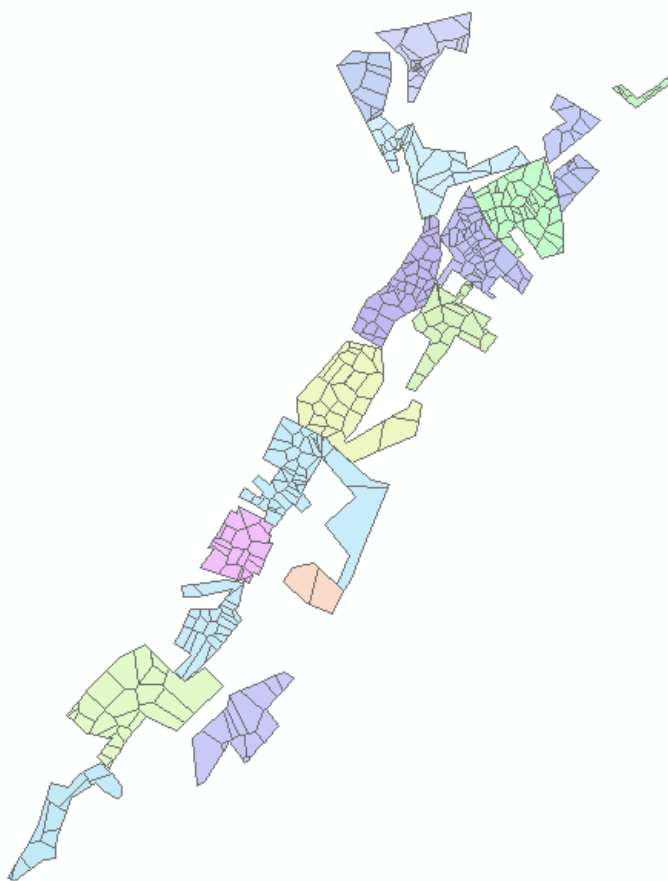
Elaborado por: los autores

A partir de la sectorización, se generaron polígonos utilizando el software ArcGIS que permitió delimitar las zonas en el área de estudio en función de los nodos del sistema.

Los polígonos luego fueron incorporados en WaterGEMS mediante la herramienta de polígonos de Thiessen, con el fin de asignar áreas de influencia para cada nodo como se muestra en la Figura 17

### **Figura 17**

*Área de influencia*



*Nota.* Polígonos para cada sector con el área de influencia por nodo en ArcGis

Elaborado: Por los autores.

### ***Caudales unitarios por nodos***

Una vez delimitadas las áreas de influencia mediante los polígonos de Thiessen, se procedió al cálculo de los caudales unitarios para cada nodo del sistema. Para ello, se utilizaron los caudales máximos horarios previamente calculados para cada zona mediante la fórmula 19. Con el programa ArcGis, se aplicó la fórmula del método por áreas para determinar los caudales que corresponden a cada nodo dentro de su sector, utilizando con la siguiente fórmula:

$$Q_u = \frac{A_u * Q_t}{A_t} \quad (23)$$

#### **Donde**

*Qu*: Caudal unitario superficial (l/s/Ha)

*Au*: Área unitaria (m<sup>2</sup>)

*At*: Área total (m<sup>2</sup>)

Los valores obtenidos se integraron en el modelo hidráulico a través del comando LoadBuilder en el programa WaterGEMS, asignando así la demanda a cada nodo en el sistema hidráulico.

#### **6.5.4.2. Método Customer Meter**

Para lograr una asignación más precisa y representativa de las demandas, se empleó el método Customer Meter, el cual permite incorporar directamente al modelo hidráulico los puntos reales de consumo.

Utilizando la georreferenciación de los usuarios obtenida previamente en CivilCAD como se observa en la Figura 13 constatando la cantidad de los usuarios georreferenciados con la Tabla 3 los puntos georreferenciados fueron integrados al modelo hidráulico en WaterGEMS como viviendas, mediante el comando ModelBuilder. Para efectos de



### ***Curvas de consumo***

Para esta simulación se utilizaron curvas de consumo obtenidas mediante la aplicación de las fórmulas desde la 20 hasta la 24 y las lecturas de volumen por sector. Las curvas de consumo obtenidas fueron de 12 sectores. En cuanto a los seis sectores restantes, se asignaron curvas de consumo con base en criterios técnicos definidos en la sección 6.3.1. del trabajo de oficina.

A las zonas de Conferencia 1 y 2 se les asignó la curva de Churuguzo.

A la Estación del Cumbe, la curva de Santa Teresita.

A Las Colinas y Rosa del Oro de San José

A Tañiloma, la curva de Morascalle.

Cabe destacar que en los sectores Las Colinas y Rosa del Oro se tomaron lecturas de volumen por vivienda, pero los resultados obtenidos fueron inconsistentes. Se supone que en estos sectores el agua se utiliza para fines distintos al consumo doméstico, por lo que dichos valores fueron descartados para evitar inconvenientes en la simulación.

### ***Caudales unitarios por vivienda***

Se calcularon los caudales unitarios por vivienda la fórmula aplicada es por el método de densidad poblacional para ello, se aplicó la Fórmula 25, considerando el caudal medio diario ( $Q_m$ ) y el número de usuarios en cada sector presentada en la Tabla 3

$$Q_p = \frac{Q_t}{P_t} \quad (24)$$

Donde

$Q_p$ : caudal unitario poblacional (l/s/hab)

$Q_t$ : Caudal medio diario para totalidad de la población (l/s)

$P_t$ : población total del proyecto (hab)

### *Caudales institucionales*

Se realizó un análisis de las instituciones públicas y privadas presentes en cada sector, ya que su consumo es distinto al de las viviendas. Estos caudales específicos fueron asignados de acuerdo con las especificaciones del software WaterGEMS, dependiendo del tipo de institución. A continuación, se las instituciones en cada sector.

**Tabla 9**

*Instituciones del área de cobertura*

<b>Ubicación georreferenciada de las instituciones conectadas al sistema de agua potable</b>					
<b>Caja</b>	<b>Cliente</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Elevación</b>	<b>Sector</b>
CO-010	CENTRO AGRICOLA CANTONAL DE CUENCA	9660315.226	715148.073	2659.249	Conferencia
SP-319	CENTRO AGRICOLA CANTONAL DE CUENCA	9663632.214	716851.021	2648.701	San Pedro
SP-320	CENTRO AGRICOLA CANTONAL DE CUENCA	9663499.883	716992.304	2650.106	San Pedro
TC-080	DIRECCION DISTRITAL 01 D02	9666563.099	718506.853	2648.55	Tarqui Centro
TC-109	DIRECCION DISTRITAL 01 D02	9666755.226	718468.824	2645.888	Tarqui Centro
TC-111	DIRECCION DISTRITAL 01 D02	9666750.862	718479.373	2648.982	Tarqui Centro
TC-076	COORDINACION ZONAL 6 – SALUD	9666595.658	718534.487	2652.506	Tarqui Centro
TC-153	DIRECCION DISTRITAL 01 D02	9666762.361	718683.821	2648.533	Tarqui Centro
D-021	ESCUELA GUILLERMO VEGA GARCIA	9658520.119	712667.762	2687.519	Descanso
I-035	JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE	9660015	713420	2717	Irquis
I-001	VICTORIA TARQUI EXPOCOE CIA LTDA	9659537	713457	2680	Irquis
VC-027	GADP VICTORIA DEL PORTETE	9661273.225	714552.257	2705.691	Victoria Centro

VC-047	GADP VICTORIA DEL PORTETE	9661190.371	714948.381	2660.658	Victoria Centro
VC-109	GADP VICTORIA DEL PORTETE	9661558.179	715205.627	2652.112	Victoria Centro
VC-113	GADP VICTORIA DEL PORTETE	9661609.284	715184.825	2655.717	Victoria Centro
EC-132	JAAP VICTORIA TARQUI	9664631.709	716727.084	2644.764	Estación de Cumbe
LC-003	INMOBILIARIA BLUEPROGRESS CIA LTDA	9668916.995	717218.059	2644.422	LAS COLINAS
CH-001	INMOSERVICIOS S.A.S	9662053.411	715341.776	2651.21	Churuguzo
ST-207	FERRICENTER EL ARENAL CIA.LTDA	9666452.667	717875.164	2663.279	Santa Teresita
ST-067	CONSTRUCTORA INMOCAYAS CIA LTDA	9666056.279	717432.167	2683.63	Santa Teresita
VC-112	COORDINACION ZONAL 6 – SALUD	9661598.13	715212.174	2654.486	Victoria Centro

*Nota.* Instituciones consideradas para la asignación de demanda en la simulación hidráulica mediante el método Customer Meter.

Elaborado por: los autores con base a los catastros de (Junta Administradora de Agua Victoria del Portete y Tarqui, 2025)

Con la red hidráulica y las viviendas completamente modeladas, se asignaron las curvas de consumo y los caudales correspondientes a cada zona, asegurando que todos los parámetros pertenezcan a su respectivo sector tal como se muestra en la Figura 19.



**Figura 19**

*Asignación de caudales base y patrones de consumo por vivienda según sector.*

	ID	Label	Demand (Base) (L/s)	Pattern (Demand)
2187: DESCANSO-	2187	DESCANSO-48	0.0220	Descanso
2188: DESCANSO-	2188	DESCANSO-49	0.0220	Descanso
2189: DESCANSO-	2189	DESCANSO-5	0.0220	Descanso
2190: DESCANSO-	2190	DESCANSO-50	0.0220	Descanso
2191: DESCANSO-	2191	DESCANSO-51	0.0220	Descanso
2192: DESCANSO-	2192	DESCANSO-52	0.0220	Descanso
2193: DESCANSO-	2193	DESCANSO-6	0.0220	Descanso
2194: DESCANSO-	2194	DESCANSO-7	0.0220	Descanso
2195: DESCANSO-	2195	DESCANSO-8	0.0220	Descanso
2196: DESCANSO-	2196	DESCANSO-9	0.0220	Descanso
2389: SAN JOSE-1	2389	SAN JOSE-1	0.0258	San jose
2390: SAN JOSE-1	2390	SAN JOSE-10	0.0258	San jose
2391: SAN JOSE-1	2391	SAN JOSE-100	0.0258	San jose
2392: SAN JOSE-1	2392	SAN JOSE-101	0.0258	San jose
2393: SAN JOSE-1	2393	SAN JOSE-102	0.0258	San jose
2394: SAN JOSE-1	2394	SAN JOSE-103	0.0258	San jose
2395: SAN JOSE-1	2395	SAN JOSE-104	0.0258	San jose
2396: SAN JOSE-1	2396	SAN JOSE-105	0.0258	San jose
2397: SAN JOSE-1	2397	SAN JOSE-106	0.0258	San jose
2398: SAN JOSE-1	2398	SAN JOSE-107	0.0258	San jose
2399: SAN JOSE-1	2399	SAN JOSE-108	0.0258	San jose
2400: SAN JOSE-1	2400	SAN JOSE-109	0.0258	San jose
2401: SAN JOSE-1	2401	SAN JOSE-11	0.0258	San jose

*Nota.* Viviendas georreferenciadas con sus respectivos caudales base en litros por segundo (l/s) y los patrones de consumo asignados por sector.

Elaborado por: los autores

Se validó el modelo hidráulico y se procedió al análisis de velocidades y presiones bajo los cuatro escenarios simulados, evaluando el comportamiento del sistema a lo largo del día en distintos horarios.

## **6.6. Escenarios de simulación para la evaluación**

### **6.6.1. Simulación en período estático**

Se analizaron dos escenarios principales relacionados con la configuración de la línea de conducción. En ambos casos, se utilizaron los polígonos de Thiessen como base para distribuir las demandas:

**Escenario 1:** Una tubería de conducción de 200 mm de diámetro, entregando un caudal constante de 20 l/s.

**Escenario 2:** Dos tuberías de conducción de 200 mm en paralelo, cada una suministrando 20 L/s, para un caudal total de 40 l/s.

### **6.6.2. Simulación periodo extendido EPS**

Para el análisis en período extendido, se realizaron cuatro simulaciones para evaluar el comportamiento de la red hidráulica a lo largo del tiempo se evaluaron los volúmenes en los tanques. El análisis se centró en identificar los volúmenes críticos, así como los volúmenes máximos y mínimos de llenado considerando distintas configuraciones en la línea de conducción, Los escenarios considerados fueron los siguientes:

**Escenario 1:** Red configurada según el trazado original, tal como se encuentra actualmente en operación

**Escenario 2:** Sistema con dos tuberías de conducción paralelas, cada una de 200 mm de diámetro.

**Escenario 3:** Una tubería de 200 mm de diámetro equipada con una válvula de control de caudal (FCV), que limita el flujo a 20 l/s.

**Escenario 4:** Dos tuberías de 200 mm de diámetro, ambas con válvulas FCV, entregando 20 l/s cada una (caudal total de 40 l/s).

## **6.7. Repotenciación**

Con base en las evaluaciones realizadas tanto en el período estático como en el período extendido, se vio la necesidad de implementar una repotenciación del sistema de distribución. Las simulaciones del período extendido reflejaron valores elevados de consumo, típicos de un uso doméstico intensivo, lo que provocó presiones y velocidades fuera de los criterios de diseño establecidos por la norma CO 10.7 – 602. Ante esta situación, se optó por realizar una propuesta de mejora empleando nuevamente el método de asignación por polígonos de Thiessen. Se plantea una propuesta de repotenciación del sistema de distribución con la finalidad de corregir presiones bajas y altas que no están en el rango establecido por la norma CO 10.7 – 602,). para lo cual se optará por medidas como la implementación válvulas, el reemplazo y generación de nuevas tuberías y el redimensionamiento del tanque, para poder cumplir con criterios de diseño manteniendo las presiones entre 10 m.c.a. a 50 m.c.a. y las velocidades de 0.45 a 4.5 m/s

### **6.7.1. Implementación de bombas al Sistema**

Debido a las características topográficas del terreno, se presentan acometidas ubicadas en zonas de gran altitud con respecto al resto de la red de distribución. Esta condición genera presiones insuficientes para garantizar un abastecimiento continuo y adecuado especialmente durante horas de alta demanda.

Con el fin de determinar soluciones técnicas adecuadas, se procedió a la identificación y las zonas altas que generan inconvenientes dentro del área de cobertura. A partir de este diagnóstico, se propuso la implementación del sistema de bombeo

### **6.7.1.1. Selección del punto de intervención**

Considerando el número de habitantes abastecidos en el sector y la magnitud del desnivel, se definió la ubicación de un tanque tipo cisterna, desde donde se implementará un sistema de bombeo para garantizar el caudal y la presión requeridos para un suministro continuo y eficiente.

### **6.7.1.2. Cálculo del caudal necesario**

El caudal requerido para abastecer un sector determinado se calcula en función del número de habitantes, considerando la dotación per cápita diaria, así como factores técnicos establecidos por la normativa vigente, como el coeficiente de simultaneidad y el coeficiente de variación horaria.

La fórmula general empleada es:

$$Q_b = Q_{max.d} \times \left(\frac{24}{N}\right) \quad (25)$$

#### **DONDE**

$Q_b$ : Caudal de bombeo (l/s)

$Q_{max.d}$ : Caudal máximo diario requerido por el sector (l/s)

$N$ : Número de horas que estará operativa la bomba en el día

### **6.7.1.3. Determinación del volumen del Tanque**

$$Q = \frac{V}{t} \quad (26)$$

#### **DONDE**

$Q$ : Caudal medio o máximo requerido (l/s)

$V$ : Volumen de almacenamiento (litros o m<sup>3</sup>)

$t$ : Tiempo de autonomía o de bombeo (segundos)

#### **6.7.1.4. Determinación de la Altura Dinámica Total (TDH)**

$$H_b = h_s + h_i + \Delta h_s + \Delta h_i \quad (27)$$

#### **DONDE**

$h_i$  = Altura de impulsión (altura del nivel superior en relación con el eje de la bomba), m.

$\Delta h_i$  = Pérdida de carga en la tubería de impulsión, m.

$H_s$  = Altura de succión (m).

$h_s$  = Altura geométrica a succionar (m).

$\Delta h_s$  = Pérdida de carga en la succión, m.

Está limitada por:

La carga neta de succión positiva (NPSH)

El sumergimiento mínimo de la tubería

#### **6.7.1.5. Selección del equipo de bombeo**

Una vez determinados el caudal requerido y la altura dinámica total (TDH) del sistema, se procedió a la selección del equipo de bombeo más adecuado para cumplir con las condiciones de operación, en base al catálogo de (Goulds Pumps, n.d.)

#### **6.7.2. Hidrante**

La implementación de hidrantes en el sistema de distribución de agua potable cumple una función estratégica tanto en el ámbito operativo como en el de seguridad. Desde el punto de vista técnico, los hidrantes permiten realizar descargas controladas, purgas de aire o sedimentos, y pruebas de presión en tramos específicos de la red. Además, representan un componente esencial para atención de emergencias, especialmente en caso de incendios, facilitando la conexión rápida de mangueras por parte del cuerpo de bomberos.

Para este proyecto se contempla la instalación de hidrantes en puntos estratégicos del sistema, seleccionados según criterios de presión mínima disponible, accesibilidad, y cobertura por sectores.

## 7. Resultados

### 7.1. Proyección poblacional

Las tasas de crecimiento presentadas en la Tabla 8 fueron calculadas tomando como referencia la zona censal, considerando el período comprendido entre los años 1982 y 2022, como se muestra en las Tabla 1 y 2. Para estos cálculos se aplicaron tres métodos: el método aritmético, utilizando la Fórmula 5; el método geométrico, mediante la Fórmula 6; y el método exponencial con la Fórmula 7.

**Tabla 10**

*Cálculo de la tasa de crecimiento*

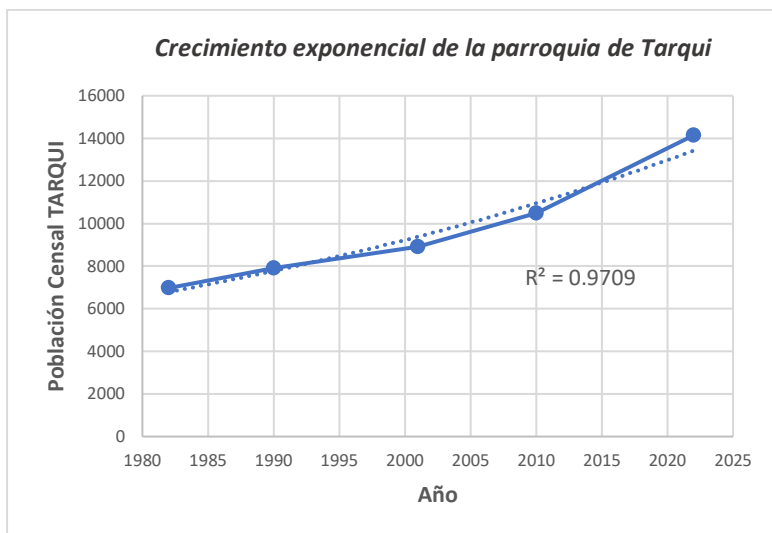
Métodos	Tarqui	Victoria del Portete
Tasa de crecimiento asimétrico	1.927%	1.876%
Tasa de crecimiento geométrico	1.758%	1.716%
Tasa de crecimiento exponencial	1.742%	1.716%

*Nota.* Para el diseño se seleccionó la tasa de crecimiento obtenida mediante el método exponencial correspondiente a la parroquia de Tarqui

### 7.1.1. Tasas de crecimiento exponencial

**Figura 20**

*Crecimiento exponencial de la parroquia de Tarqui*



*Nota.* Regresión exponencial

Elaborado por: los autores

**Figura 21**

*Crecimiento exponencial de la parroquia Victoria del Portete*



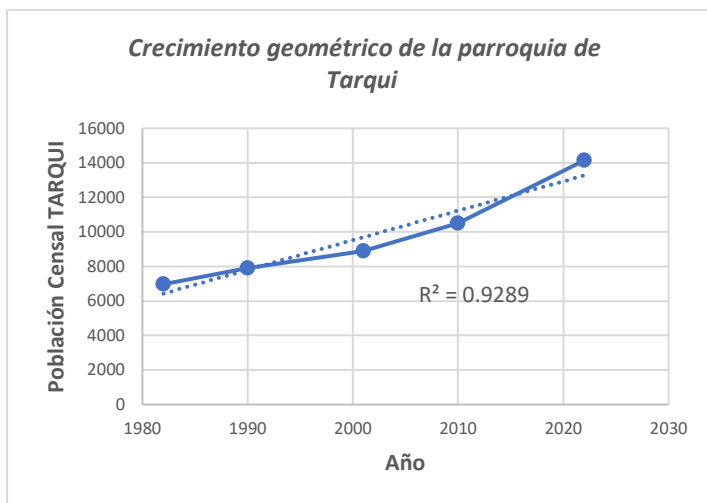
*Nota.* Regresión exponencial

Elaborado por: los autores

### 7.1.2. Tasas de crecimiento Geométrico

**Figura 22**

*Crecimiento geométrico de la parroquia de Tarqui*

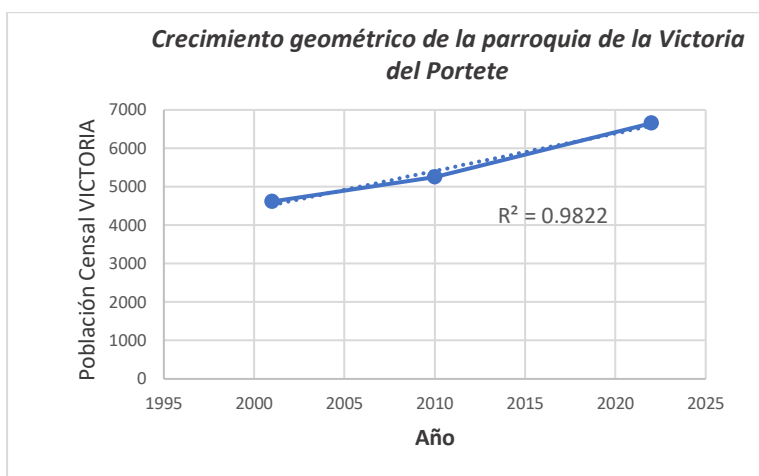


*Nota.* Regresión geométrica

Elaborado por: Los autores

**Figura 23**

*Crecimiento geométrico de la parroquia de la Victoria del Portete*



*Nota.* Regresión geométrica

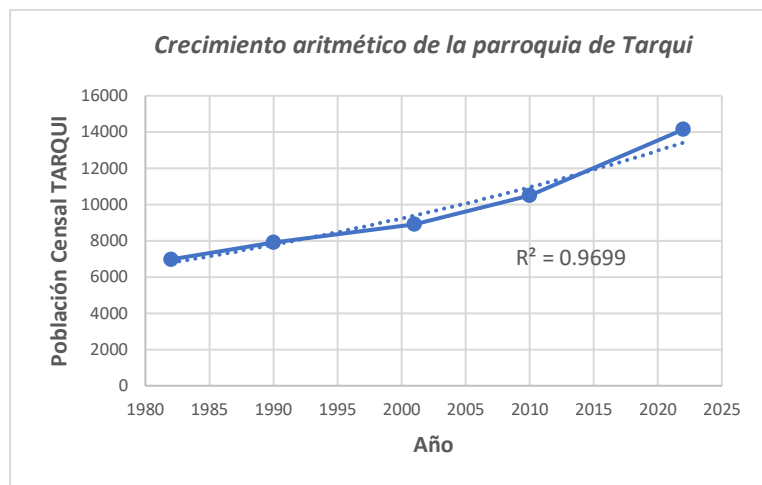
Elaborado por: los autores



### 7.1.3. Tasas de crecimiento aritmético

**Figura 24**

*Crecimiento aritmético de la parroquia de Tarqui*

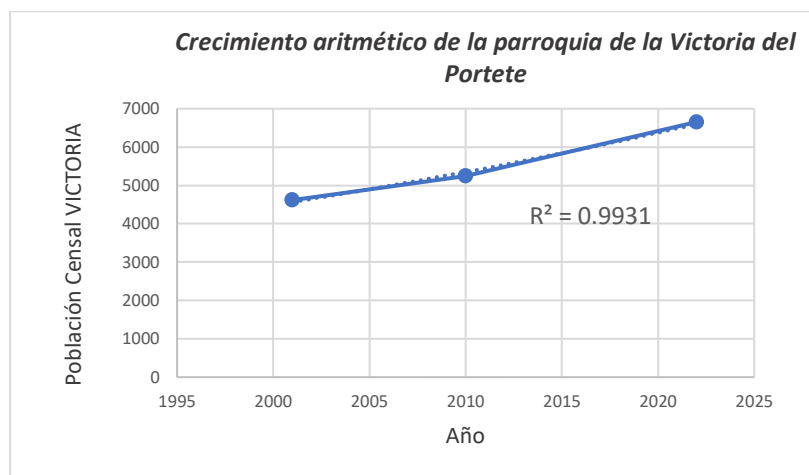


*Nota.* Regresión aritmética

Elaborado por: Los autores

**Figura 25**

*Crecimiento aritmético de la parroquia de la Victoria del Portete*



*Nota.* Regresión aritmética

Elaborado por: los autores

## Población futura

En la Tabla 11 se presentan los datos considerados para la proyección poblacional.

**Tabla 11**

*Datos para la proyección poblacional*

<b>Datos</b>	
Usuario (2025)	2161
Habitantes por usuario	4
Población (2025)	8644 habitantes
Periodo de diseño (n)	30 años
Tasa de crecimiento (r)	1.742%

Elaborado por: los autores

Los resultados obtenidos de la proyección poblacional, utilizando las fórmulas 5, 6 y 7, se presentan en la siguiente Tabla 12.

**Tabla 12**

*Proyección poblacional para todos los usuarios*

<b>Años</b>	<b>Periodo de diseño</b>	<b>Proyección Poblacional</b>		
		<b>Aritmética</b>	<b>Geométrica</b>	<b>Exponencial</b>
2025	0	8644	8644	8644
2030	5	9477	9431	9430
2035	10	10309	10290	10288
2040	15	11142	11227	11225
2045	20	11975	12249	12246
2050	25	12808	13364	13360
2055	30	13640	14581	14575

Elaborado por: los autores

Considerando la tasa de crecimiento, el período de diseño indicado en la Tabla 11, y la población actual presentada en la Tabla 3, se muestra la proyección poblacional por cada sector en la Tabla

**Tabla 13***Proyección poblacional 30 años de diseño*

<b>Proyección poblacional</b>			
<b>SECTOR</b>	<b>Usuarios</b>	<b>Población actual (2025)</b>	<b>Población proyectada (2055)</b>
Churuguzo	135	540	911
Conferencia 1	20	80	135
Conferencia 2	36	144	243
El Descanso	52	208	351
Estación C.	215	860	1450
Irquis	126	504	850
La Cofradia	36	144	243
Las Colinas	49	196	330
Morascale	24	96	162
Rosa de Oro	69	276	465
San José	197	788	1329
San Pedro	360	1440	2428
Santa lucrecia	148	592	998
Santa Teresita	267	1068	1801
Tañiloma	11	44	74
Tarqui Centro	200	800	1349
VP Centro	153	612	1032
Zona Franca	63	252	425
<b>TOTAL</b>	<b>2161</b>	<b>8644</b>	<b>14576</b>

Elaborado por: los autores

**7.2. Dotación**

Con base en la Tabla 4 de dotación bruta, se presenta la dotación neta en la Tabla 14, considerando la aplicación de pérdidas por fugas.

**Tabla 14***Dotación neta*

<b>SECTOR</b>	<b>Dotación Bruta (l/hab/día)</b>	<b>% De pérdidas</b>	<b>Dotación Neta (l/hab/día)</b>
Churuguzo	106.59	20	127.908
Conferencia 1	259.57	20	311.484
Conferencia 2	259.57	20	311.484
El Descanso	78.11	20	93.732
Estación C.	108.72	20	130.464
Irquis	105.46	20	126.552
La Cofradia	175	20	210
Las Colinas	129.85	20	155.82
Morascalle	162.5	20	195
Rosa de Oro	31.55	20	37.86
San José	91.69	20	110.028
San Pedro	102.27	20	122.724
Santa lucrecia	94.63	20	113.556
Santa Teresita	128.79	20	154.548
Tañiloma	91.69	20	110.028
Tarqui Centro	159.8	20	191.76
VP Centro	199.23	20	239.076
Zona Franca	78	20	93.6
<b>TOTAL</b>	<b>120.33</b>	<b>20</b>	<b>144.39</b>

Elaborado por: los autores

### 7.3. Caudales de diseño

En la Tabla 16 se presentan los caudales de diseño, calculados en base a la población futura indicada en la Tabla 13, y a la dotación neta especificada en la Tabla 14. Para estos cálculos se aplicaron la Fórmula 17 para el caudal medio diario, la Fórmula 18 para el caudal máximo diario, y la Fórmula 19 para el caudal máximo horario. Los coeficientes de mayoración utilizados, presentados en la Tabla 15, fueron seleccionados de acuerdo con lo establecido en la norma CO10-602.

**Tabla 15***Tabla de mayoración para rurales*

<b>Coefficientes de mayoración</b>	
k1	1.25
k2	3

Elaborado por: los autores

**Tabla 16***Caudales de diseño por cada sector*

<b>Caudales de diseño</b>			
<b>SECTOR</b>	<b>Caudal medio diario Qm (l/s)</b>	<b>QMD (l/s)</b>	<b>QMH (l/s)</b>
Churuguzo	1.349	1.68625	4.047
Conferencia 1	0.487	0.60875	1.461
Conferencia 2	0.876	1.095	2.628
El Descanso	0.381	0.47625	1.143
Estación C.	2.19	2.7375	6.57
Irquis	1.245	1.55625	3.735
La Cofradia	0.591	0.73875	1.773
Las Colinas	0.595	0.74375	1.785
Morasalle	0.366	0.4575	1.098
Rosa de Oro	0.204	0.255	0.612
San José	1.692	2.115	5.076
San Pedro	3.449	4.31125	10.347
Santa lucrecia	1.312	1.64	3.936
Santa Teresita	3.222	4.0275	9.666
Tañiloma	0.094	0.1175	0.282
Tarqui Centro	2.994	3.7425	8.982
VP Centro	2.856	3.57	8.568
Zona Franca	0.46	0.575	1.38
<b>TOTAL</b>	<b>24.363</b>	<b>30.45375</b>	<b>73.089</b>

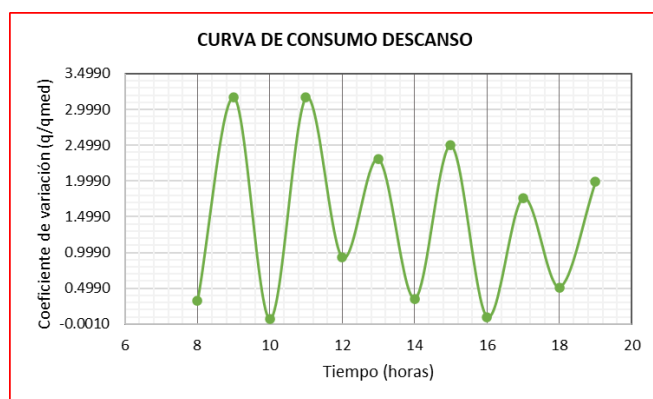
Elaborado por: los autores

#### 7.4. Curva de consumo

Con base en la Tabla 14 de dotación, y considerando que cada casa de los usuarios está conformada por cuatro personas, de esta manera se obtuvo el caudal medio diario por usuario, según lo expresado en la Fórmula 17 tomando en cuenta. Posteriormente, mediante la aplicación de las fórmulas desde la 20 hasta la 22, se obtuvieron los datos para la representación gráfica de las curvas de consumo por sector.

**Figura 26**

*Curva de consumo para el sector del Descanso*

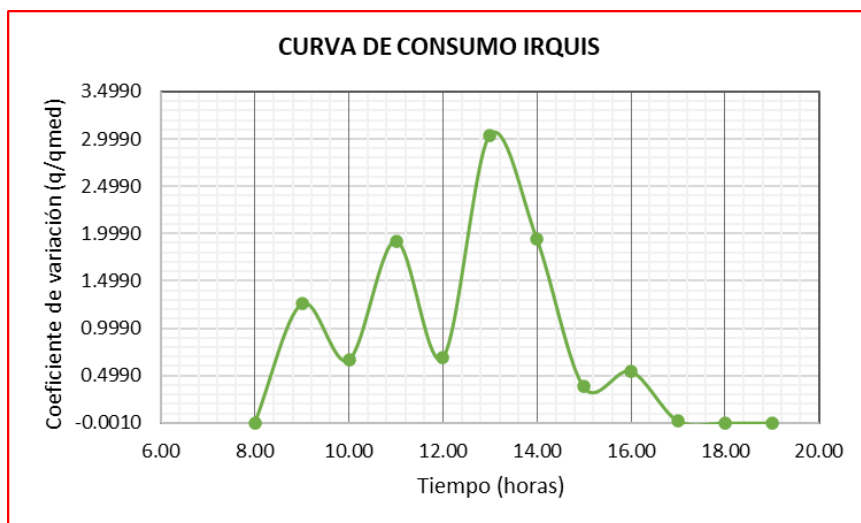


*Nota.* Se observa un consumo normal

Elaborado por: los autores

**Figura 27**

*Curva de consumo para el sector Irquis*



*Nota.* Se observa un consumo normal

Elaborado por: los autores

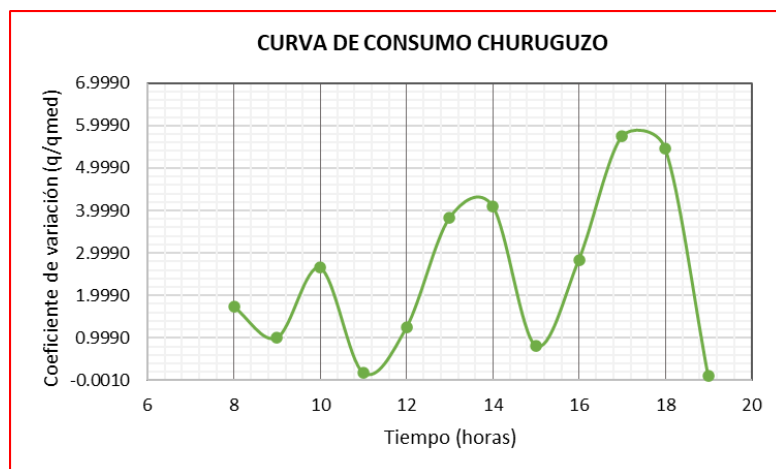
**Figura 28**

*Curva de consumo para Curva de Victoria del Portete*



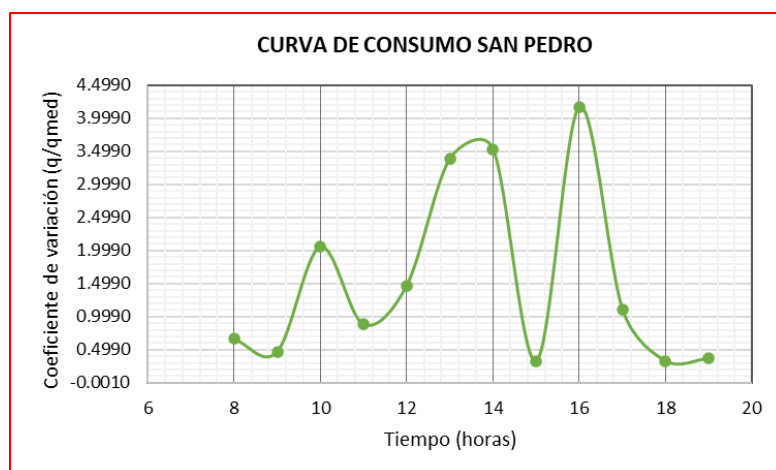
*Nota.* Se observa un consumo normal

Elaborado por: los autores

**Figura 29***Curva de consumo del sector Churuguzo*

*Nota.* Se observan inconsistencias podrían ser por el uso de agua para riego o para ganadería

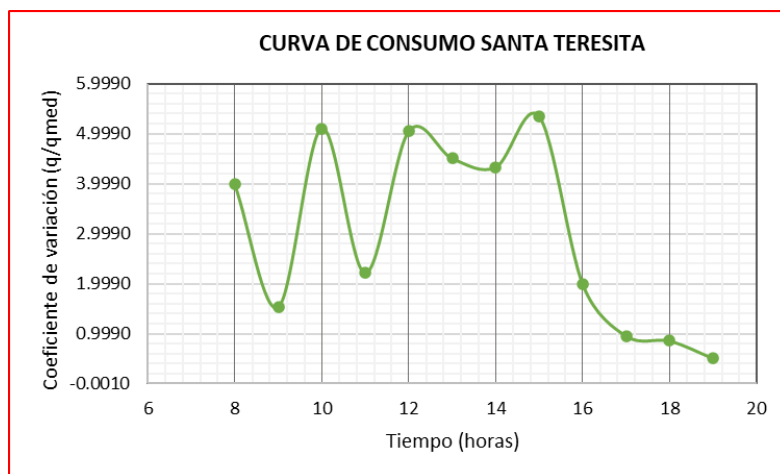
Elaborado por: los autores

**Figura 30***Curva de consumo del sector San Pedro*

*Nota.* Se observa un consumo normal

Elaborado por: los autores



**Figura 31***Curva de consumo del sector Santa Teresita*

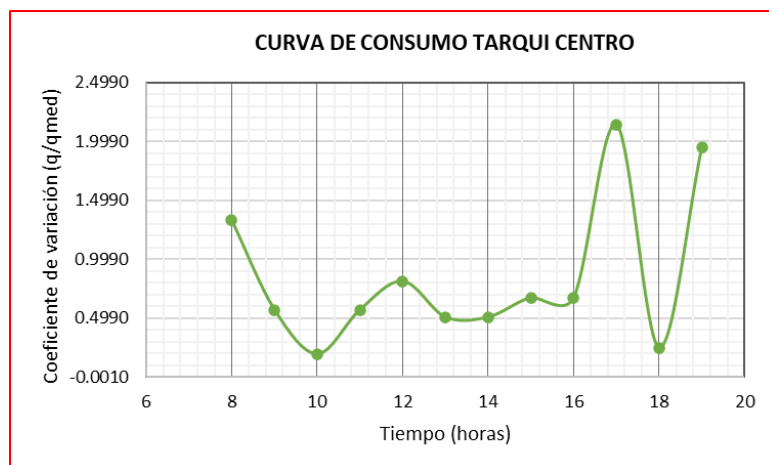
*Nota.* Se observan inconsistencias podrían ser por el uso de agua para riego o para ganadería

Elaborado por: los autores

**Figura 32***Curva de consumo del sector de Santa Lucrecia*

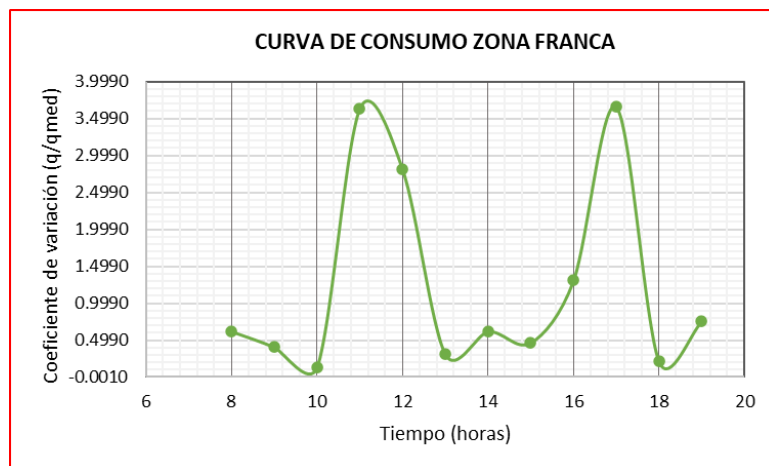
*Nota.* Se observan inconsistencias podrían ser por el uso de agua para riego o para ganadería

Elaborado por: los autores

**Figura 33***Curva de consumo del sector Tarqui Centro*

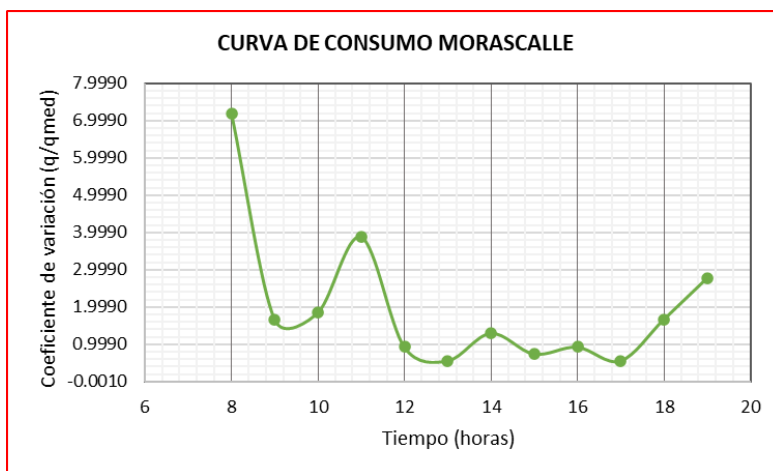
*Nota.* Se observa un consumo normal dentro del rango del consumo domestico

Elaborado por: los autores

**Figura 34***Curva de consumo del sector Zona Franca*

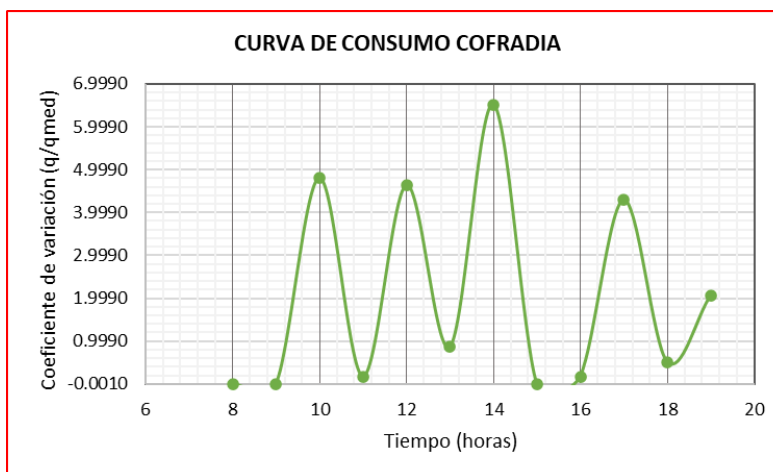
*Nota.* Se observa un consumo normal

Elaborado por: los autores

**Figura 35***Curva de consumo del sector Morascalle*

*Nota.* Se observa un consumo normal dentro

Elaborado por: los autores

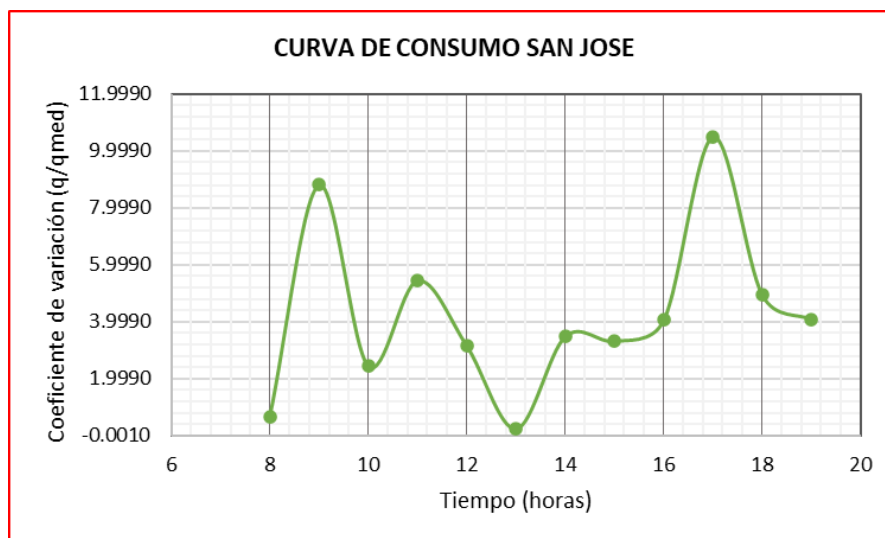
**Figura 36***Curva de consumo del sector la Cofradia*

*Nota.* Se observa un consumo excesivo mal uso del agua

Elaborado por: los autores

**Figura 37**

*Curva de consumo del sector San José*



*Nota.* Se observa un consumo excesivo desde a 1 hasta las 17 horas estarían realizando un mal uso del agua

Elaborado por: los autores

## **7.5. Evaluación del Sistema de distribución**

### **7.5.1. Simulación en periodo estático**

Estos escenarios se realizaron con el fin de conocer el comportamiento hidráulico del sistema en un instante fijo, utilizando dos simulaciones la cual se utiliza una línea de conducción de 200 mm de diámetro que entrega 20 l/s y dos líneas de conducción en paralelo con 200 mm de diámetro lo cual entrega 20 l/s cada una. La simulación estática, realizada en el software WaterGEMS, permite visualizar los resultados de presiones y velocidades sin considerar el efecto del tiempo o la variación en los niveles de los tanques

#### **7.5.1.1. Línea de conducción de 200 mm de diámetro entregando 20 l/s**

De acuerdo con la simulación realizada conforme a lo especificado en la metodología, se obtuvieron resultados que evidencian datos críticos en la red, los cuales se presentan en la Tabla

**Tabla 17***Resultado de datos críticos en los nodos y tuberías para la primera simulación*

Sectores	velocidad mínima	velocidad máxima	Presión mínima	Presión máxima	Tuberías que fallan	Nodos que fallan
	0.45 m/s	4.5 m/s	10 m.c.a.			
Churuguzo	0.0322			96	9 tuberías de 63 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones máximas menores a 50
Conferencia 1	0.28				1 tuberías de 63 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	
Conferencia 2	0.03		-9	64	8 tuberías de 63 mm y 1 de 32 mm de diámetro tiene velocidades menores a 0.45 m/s	presiones mínimas menores a 10 y máximo mayores a 64
El Descanso	0.04			73	Todas las tuberías del descanso están con una velocidad menor a 0.45	presiones máximas mayores a 50
Estación C.	0.028			76	11 tuberías de 63 mm y 3 tuberías de 32 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones máximas mayores a 50
Irquis	0.03				7 tuberías de 63 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	
La Cofradia	0.0765		-19		7 tuberías de 63 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones mínimas menores a 10

---

Las Colinas	0.109	-2		2 tuberías de 63 mm y 2 tuberías de 32 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones mínimas menores a 10
Morascale	0.052	-21		5 tuberías de 63 mm y 2 tubería de 32 mm de diámetro tiene velocidades menores a 0.45 m/s	presiones mínimas menores a 10
Rosa de Oro	0.008	-8		15 tuberías de 63 mm y 1 tubería de 32 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones mínimas menores a 10
San José	0.0096	-23		22 tuberías de 63 mm y 1 tubería de 32 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones mínimas menores a 10
San Pedro	0		85	23 tuberías de 63 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones máximas mayores a 50
Santa lucrecia	0.0024	5	75	13 tuberías de 63 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones mínimas menores a 10 y máximo mayores a 50
Santa Teresita	0.027		76	20 tuberías de 63 mm y 1 tubería de 32 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones máximas mayores a 50

---

Tañiloma	0	-21		8 tuberías de 63 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones mínimas menores a 10
Tarqui Centro	0.0017	-14	75	21 tuberías de 63 mm y 1 tubería de 32 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones mínimas menores a 10 y máximo mayores a 64
VP Centro	0		83	11 tuberías de 63 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones máximas mayores a 50
Zona Franca	0.0078			16 tuberías de 63 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	

### Presiones en los medidores

Una vez realizada la simulación en período estático con el software WaterGEMS, se obtuvieron los resultados de presiones mínimas y máximas en los nodos de consumo, los cuales se presentan en la Tabla 17. En este escenario se identificaron presiones mínimas por debajo de los 10 m.c.a. permitidos por la normativa, alcanzando valores tan bajos como -23 m.c.a. en el sector San José y -21 m.c.a. en Tañiloma y Morascalle. Estas condiciones reflejan deficiencias en el abastecimiento en varios puntos de la red, especialmente en sectores abastecidos por el tanque 2 por la baja capacidad de almacenamiento limita un suministro adecuado.

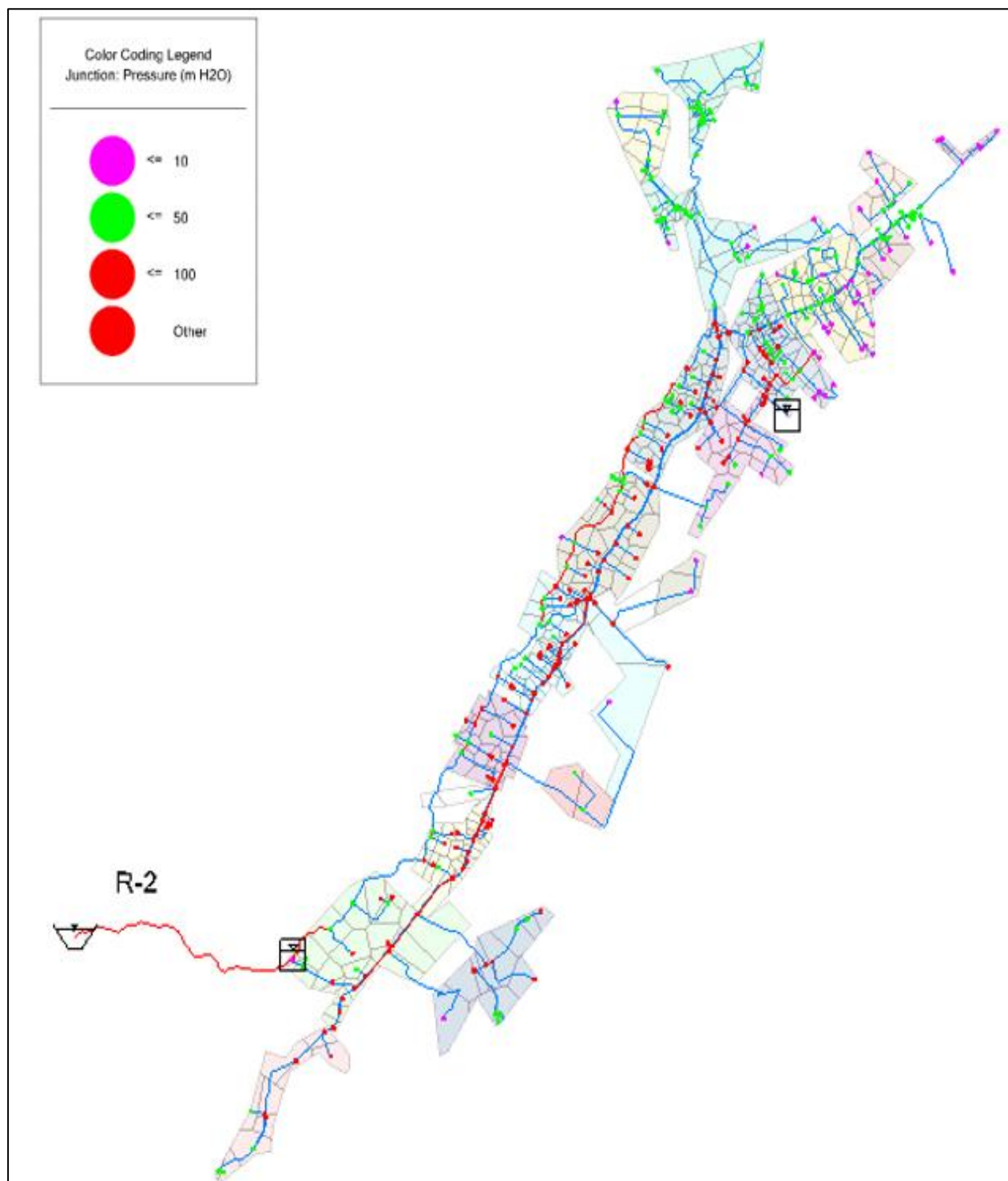
Por otro lado, las presiones máximas registradas alcanzaron hasta 96 m.c.a. en el sector Churuguzo, y se ubicaron entre 73 y 85 m.c.a. en sectores como Estación del Cumbe, El Descanso, San Pedro y Santa Teresita. Estos valores exceden los límites recomendados por la

normativa, lo cual puede representar un riesgo para las conexiones domiciliarias. En consecuencia, se recomienda regular los caudales o aplicar medidas de control de presión para controlar estos efectos.



**Figura 38**

*Presiones en los nodos para la simulación*



Elaborado por: los autores

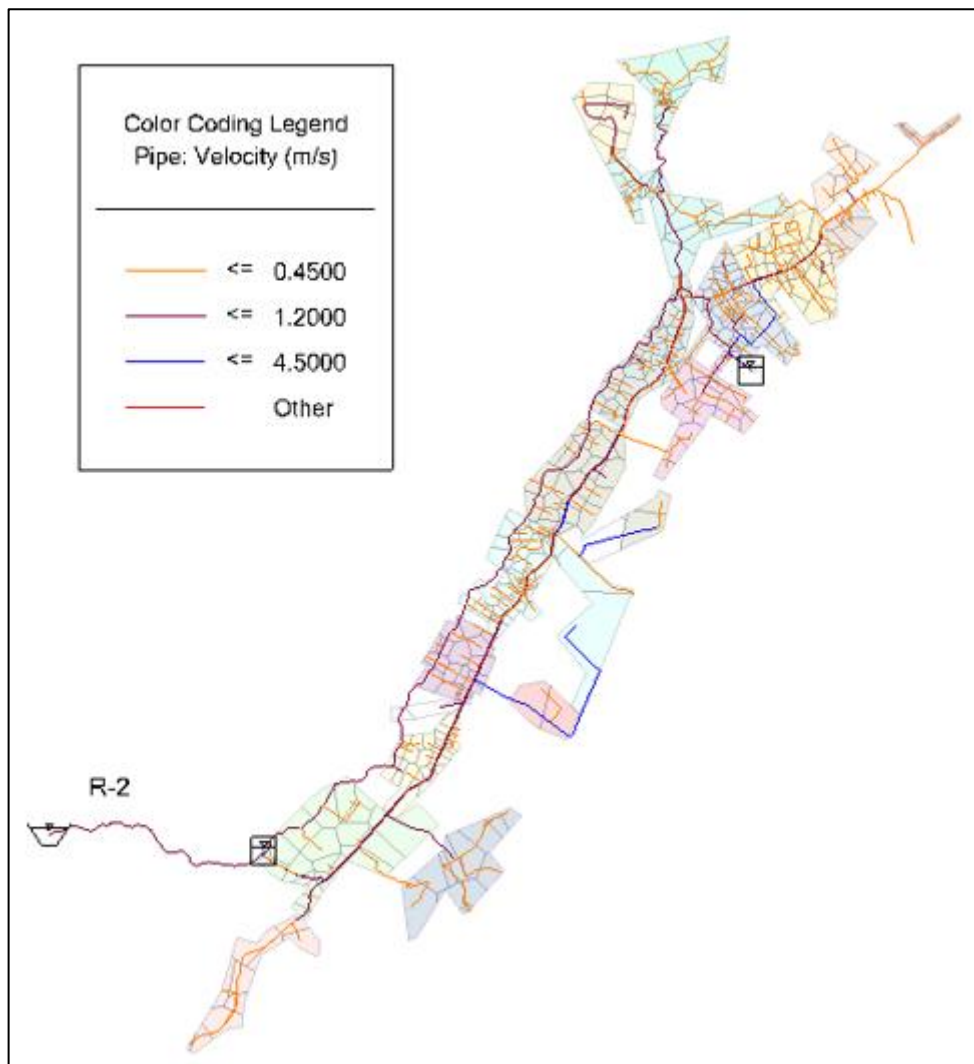
### **Velocidades en las tuberías**

Los resultados presentados en la Tabla 17 evidencian que las velocidades mínimas no cumplen con el valor normativo establecido de 0.45 m/s en ninguno de los sectores evaluados. Se registraron velocidades extremadamente bajas, como 0.0024 m/s en Santa Lucrecia, 0.0096 m/s en San José y 0.008 m/s en Rosa de Oro. Estas condiciones podrían atribuirse a factores como la topografía del terreno y las conexiones realizadas sobre la red existente. Incluso sectores como San Pedro y Victoria del Portete Centro presentan velocidades nulas, lo que indica ausencia de flujo en las tuberías del sistema.

El análisis revela que numerosas tuberías, principalmente aquellas con diámetros de 63 mm y 32 mm, operan por debajo del rango aceptable. Particularmente, en sectores como San José, San Pedro y Tarqui Centro, se identificaron entre 21 y 23 tuberías con velocidades inferiores a 0.45 m/s. En total, más de 15 sectores presentan al menos cinco tuberías con esta deficiencia, siendo El Descanso uno de los más críticos, ya que todas sus tuberías operan fuera del rango permitido.

**Figura 39**

*Velocidades en las tuberías para la simulación 1*



Elaborado por: los autores

**7.5.1.2. Línea de conducción en paralelo de 200 mm de diámetro, entregando 20 l/s en cada tubería**

Se contempla una conducción compuesta por dos tuberías de 200 mm de diámetro con una entrega total de 40 l/s lo cual se identificaron mejoras significativas respecto al escenario anterior presentados en la Tabla 18

**Tabla 18***Resultado de datos críticos en los nodos y tuberías para la primera simulación*

SECTORES	velocidad	velocidad	presión	presión	Tuberías que fallan	Nudos que fallan
	mínima	máxima	mínima	máxima		
	0.45 m/s	4.5 m/s	10 m.c.a.	50 m.c.a.		
Churuguzo	0.0322			96	9 tuberías de 63 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones máximas mayores a 50 m.c.a.
Conferencia 1	0.2761				1 tuberías de 63 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	
Conferencia 2	0.0262		-9	64	8 tuberías de 63 mm y 1 de 32 mm de diámetro tiene velocidades menores a 0.45 m/s	presiones mínimas menores a 10 y máximo mayores a 50
El Descanso	0.0357			73	6 tuberías 63 mm y 1 de 32 mm de diámetro están con una velocidad menor a 0.45 m/s	presiones máximas mayores a 50
Estación C.	0.028		-9	76	11 tuberías de 63 mm y 3 tuberías de 32 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones mínimas menores a 10 y máximo mayores a 50
Irquis	0.041			75	7 tuberías de 63 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones máximas mayores a 50
La Cofradia	0.0765		-20		7 tuberías de 63 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones mínimas menores a 10

---

Las Colinas	0.109		-3	2 tuberías de 63 mm y 2 tuberías de 32 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones mínimas menores a 10
Morascale	0.0596		-23	5 tuberías de 63 mm y 2 tubería de 32 mm de diámetro tiene velocidades menores a 0.45 m/s	presiones mínimas menores a 10
Rosa de Oro	0.0008		-9	15 tuberías de 63 mm y 1 tubería de 32 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones mínimas menores a 10
San José	0.0147		-24	22 tuberías de 63 mm y 1 tubería de 32 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones mínimas menores a 10
San Pedro	0		85	23 tuberías de 63 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones máximas mayores a 50
Santa lucrecia	0.0024		5	75 13 tuberías de 63 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones mínimas menores a 10 y máximo mayores a 50
Santa Teresita	0.027		76	20 tuberías de 63 mm y 1 tubería de 32 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones máximas mayores a 50

---

Tañiloma	0.0097	-22		8 tuberías de 63 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones mínimas menores a 10
Tarqui Centro	0.0074	-15	75	21 tuberías de 63 mm y 1 tubería de 32 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones mínimas menores a 10 y máximo mayores a 64
VP Centro	0		83	11 tuberías de 63 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	presiones máximas mayores a 50
Zona Franca	0.0078			16 tuberías de 63 mm de diámetro tienen velocidades menores a 0.45 m/s	

Elaborado por: los autores

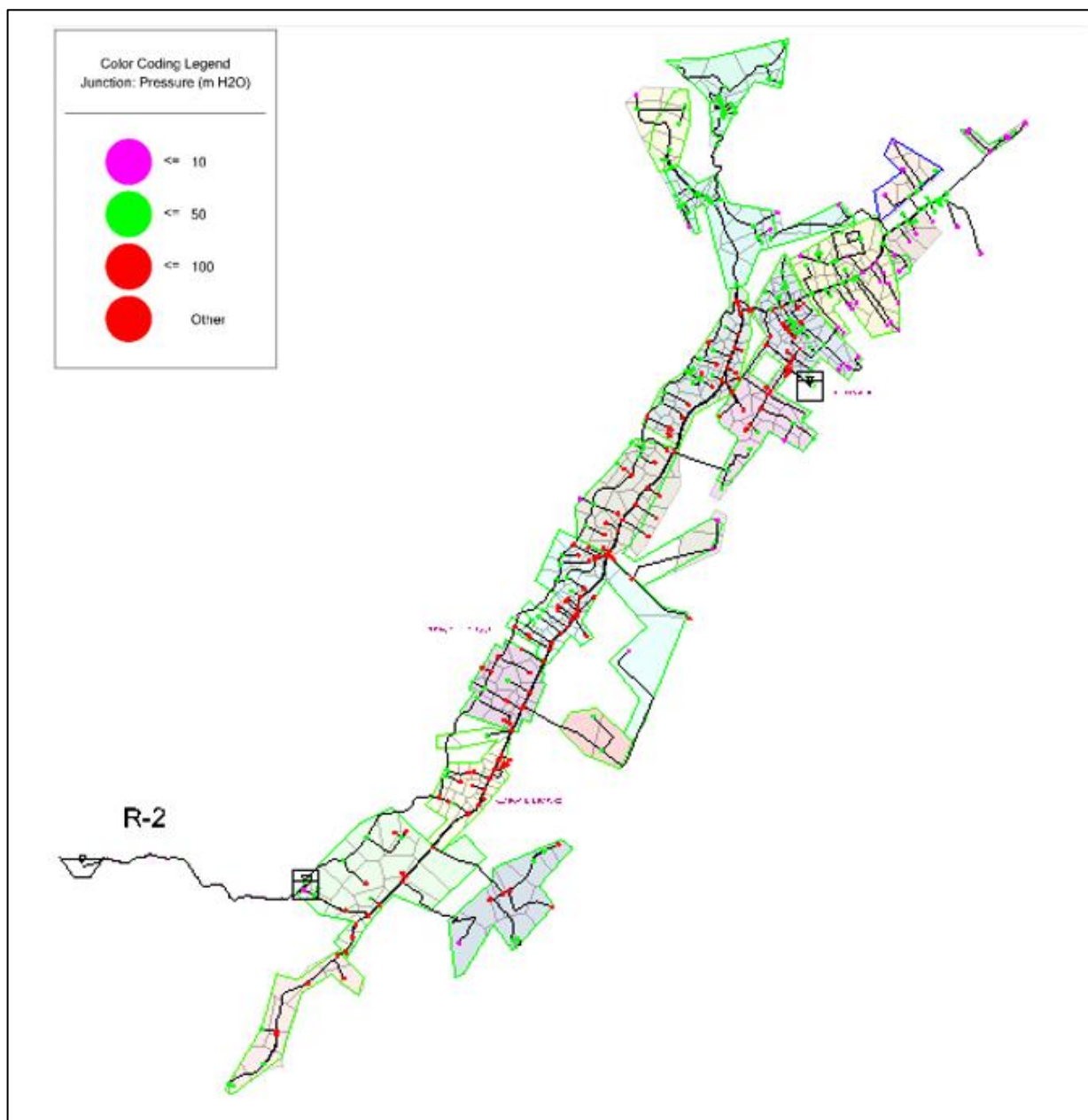
### Presiones en los medidores

Los resultados obtenidos evidencian que, aunque el refuerzo en la conducción ha permitido una mejora general en las presiones de la red, todavía existen sectores que presentan presiones fuera del rango normativo. Se reportaron presiones mínimas por debajo de los 10 m.c.a. en al menos 9 sectores, destacando San José (-24 m.c.a.), Morascalle (-23 m.c.a.), Tañiloma (-22 m.c.a.) y La Cofradía (-20 m.c.a.). Esto continúa evidenciando deficiencias en el abastecimiento en áreas alejadas elevadas, donde la presión sigue siendo insuficiente.

Por otro lado, las presiones máximas superan los 50 m.c.a. en 8 sectores, alcanzando hasta 96 m.c.a. en Churuguzo y valores entre 73 y 85 m.c.a. en sectores como El Descanso, Estación C., San Pedro y Santa Teresita. Estas presiones altas representando un riesgo para las instalaciones domiciliarias, por lo que se recomienda la implementación de válvulas reguladoras de presión o mecanismos de control para mantener las condiciones dentro del rango seguro.

**Figura 40**

*Presiones registradas en los medidores.*



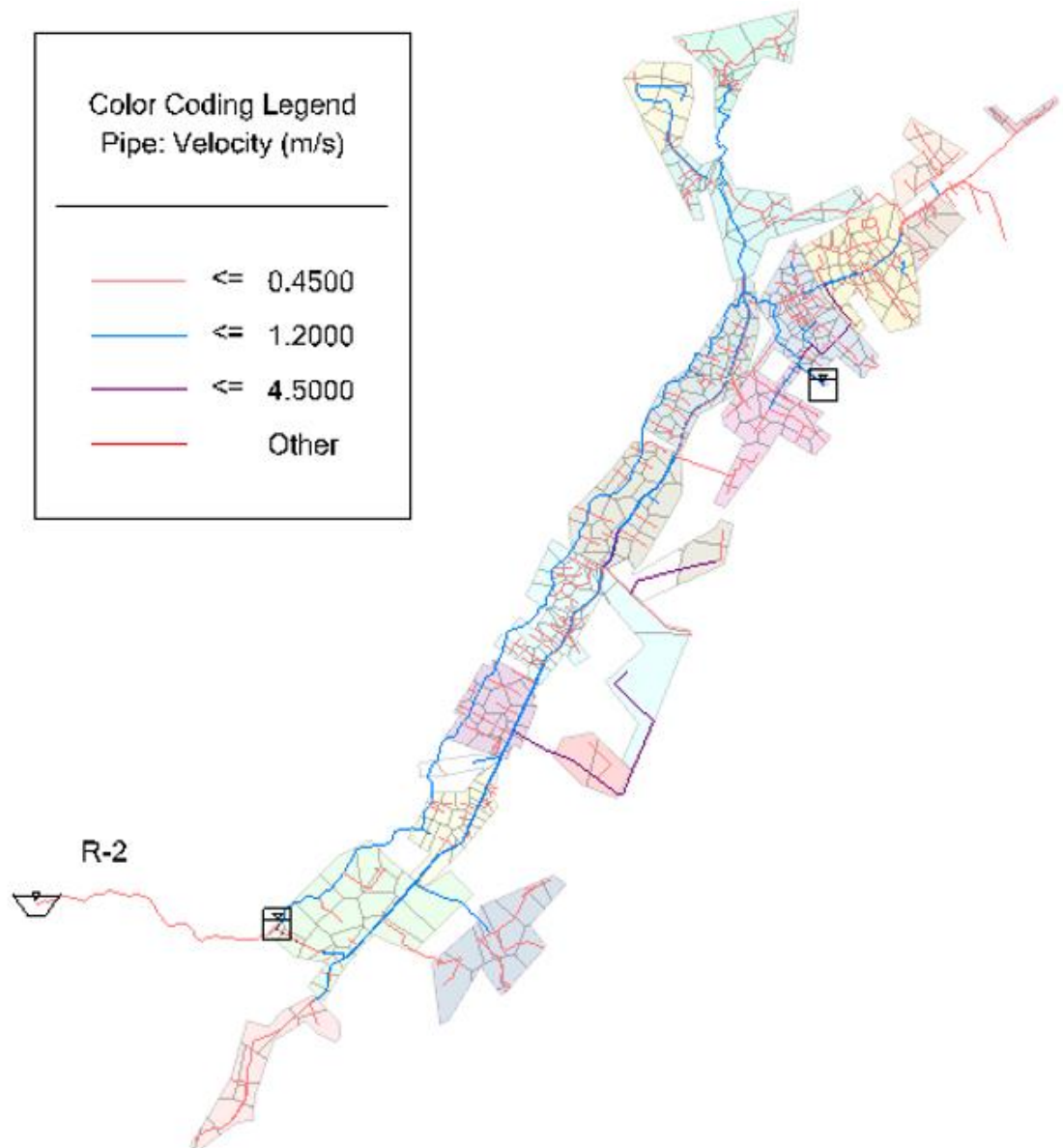
Elaborado por: los autores

### Velocidades en las tuberías

Respecto a las velocidades, a pesar del aumento del caudal total disponible, los resultados muestran que ningún sector alcanza la velocidad mínima requerida de 0.45 m/s, evidenciando persistencia de condiciones de flujo. Velocidades especialmente bajas se registraron en sectores como Rosa de Oro (0.0008 m/s), Santa Lucrecia (0.0024 m/s), San José (0.0147 m/s) y Tarqui Centro (0.0074 m/s), lo cual puede deberse a la baja demanda o al sobredimensionamiento de las tuberías secundarias.

El análisis indica que todos los sectores presentan tuberías con velocidades por debajo del umbral normativo, especialmente aquellas con diámetros de 63 mm y 32 mm. Los sectores más críticos incluyen Victoria del Portete y San Pedro, con hasta 11 y 23 tuberías respectivamente, afectadas por esta condición. Esto sugiere la necesidad de reevaluar los diámetros en las redes secundarias y considerar el rediseño de tramos específicos para mejorar las velocidades.



**Figura 41***Velocidades en tuberías*

Elaborado por: los autores

## 7.5.2. Simulación en periodo extendido

### 7.5.2.1. Línea de conducción de 200 mm de diámetro actualmente en operación.

#### Tanques de almacenamiento.

Para este escenario se evaluó el comportamiento del sistema de almacenamiento ante el suministro mediante una única línea de conducción de 200 mm. Se identificaron porcentajes de llenado de ambos tanques, indicando las condiciones críticas del sistema como se muestra en la Tabla 19

**Tabla 19**

*Niveles máximos y mínimos en los tanques de almacenamiento para el escenario 1*

Niveles máximos y mínimos en los tanques de almacenamiento								
Elemento	Sección	Área m <sup>2</sup>	Altura m	Vol. m <sup>3</sup>	Llenado Máximo %	Vaciado Mínimo		
						hora	%	hora
Tanque 1	Cuadrada	114.30	3.50	400.05	85.9	8:00 a. m.	0	3:15 p. m.
Tanque 2	Circular	53.33	3.00	159.98	68.4	8:00 a. m.	0	3 pm a 4 pm
Volumen eficiente T1			580.63	m <sup>3</sup>				
Volumen adicional requerido T1			180.58	m <sup>3</sup>				
Volumen eficiente T2			186.64	m <sup>3</sup>				
Volumen adicional requerido T2			26.64	m <sup>3</sup>				

*Nota.* Niveles máximos y mínimos a los que llega el agua durante el día en los tanques de almacenamiento, correspondientes al escenario de una sola conducción de 200 mm.

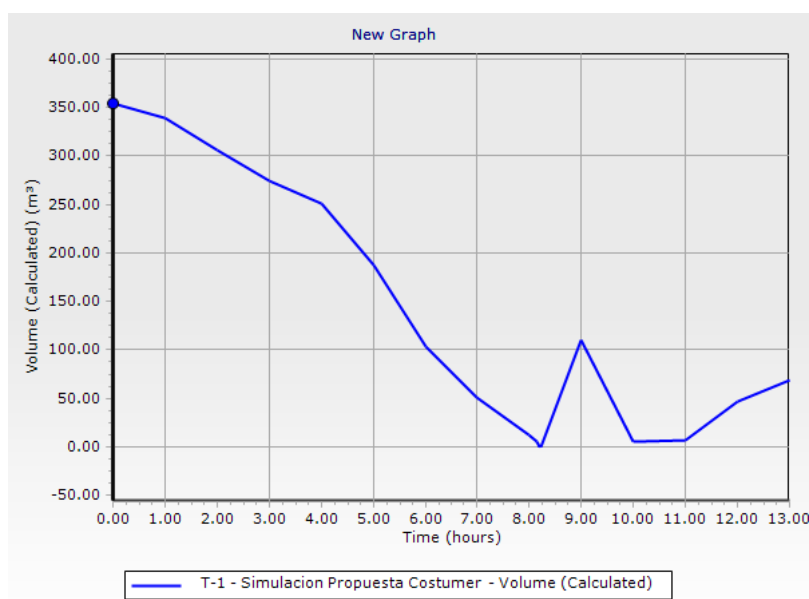
Elaborado por: los autores

En el Tanque 1, se alcanzó un llenado máximo del 85.9 % a las 8:00 a. m., reflejando que en horas tempranas el sistema aún mantiene capacidad de reposición. Sin embargo, este nivel descende hasta un llenado mínimo del 0.0 % en el horario de 3:15 p.m. lo cual implica que el tanque deja de contribuir al suministro por completo en ese horario

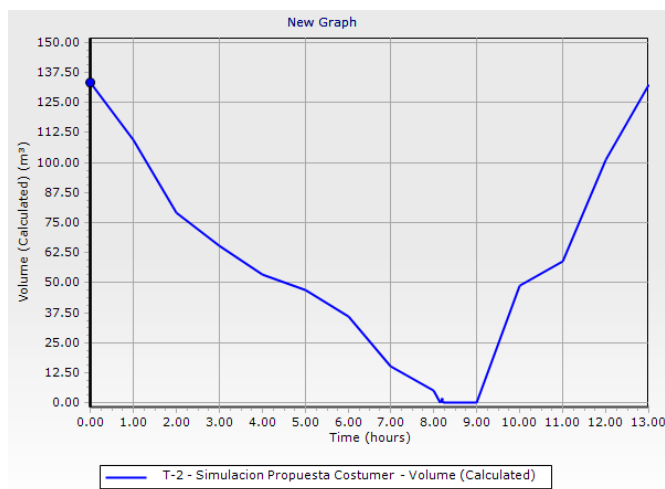
Por su parte, el Tanque 2 muestra un comportamiento similar: a las 8:00 a. m. se registra su mayor nivel de almacenamiento con 68.4 %, mientras que durante el periodo entre las 3:00 p.m. y 4:00 p.m. el tanque también se vacía completamente, alcanzando un 0.0 % de llenado. Esto es posible que ocurra ya que el tanque dos es abastecido por el tanque uno a través de una tubería, lo cual la misma deja agua para distintas casas en el transcurso de la conducción.

**Figura 42**

*Volumen del tanque 1*



Elaborado por: los autores

**Figura 43***Volumen del tanque 2*

Elaborado por: los autores

**Presiones en los nodos de los usuarios**

El comportamiento de presión fue monitoreado directamente en los nodos de demanda.

**Tabla 20***Presión en la red de la primera simulación*

<b>SECTORES</b>	<b>presión mínima 10 m.c.a.</b>	<b>Hora de presión mínima</b>	<b>presión máxima 50 m.c.a.</b>	<b>Hora de presión máxima</b>
Churuguzo			100	6:00 p. m.
Conferencia 1			100	6:00 p. m.
Conferencia 2	-23	4:00 p. m.	91	6:00 p. m.
El Descanso			85	7:00 p. m.
Estación C.	3	12:00 a. m.	106	6:00 p. m.
Irquis			93	6:00 p. m.
La Cofradia	-409	4:00 p. m.		
Las Colinas	-449	4:00 p. m.	83	7:00 p. m.
Morascalle	-409	4:00 p. m.	64	7:00 p. m.
Rosa de Oro	-244	4:00 p. m.	91	6:00 p. m.
San José	-418	4:00 p. m.		
San Pedro			106	6:00 p. m.
Santa lucrecia	-377	4:00 p. m.	96	6:00 p. m.

Santa Teresita	-181	4:00 p. m.	90	6:00 p. m.
Tañiloma	-412	4:00 p. m.	62	7:00 p. m.
Tarqui Centro	-388	4:00 p. m.	89	6:00 p. m.
VP Centro			103	6:00 p. m.
Zona Franca	-219	4:00 p. m.	95	6:00 p. m.

Nota. Presiones críticas máximas y mínimas en los nodos para la simulación 1

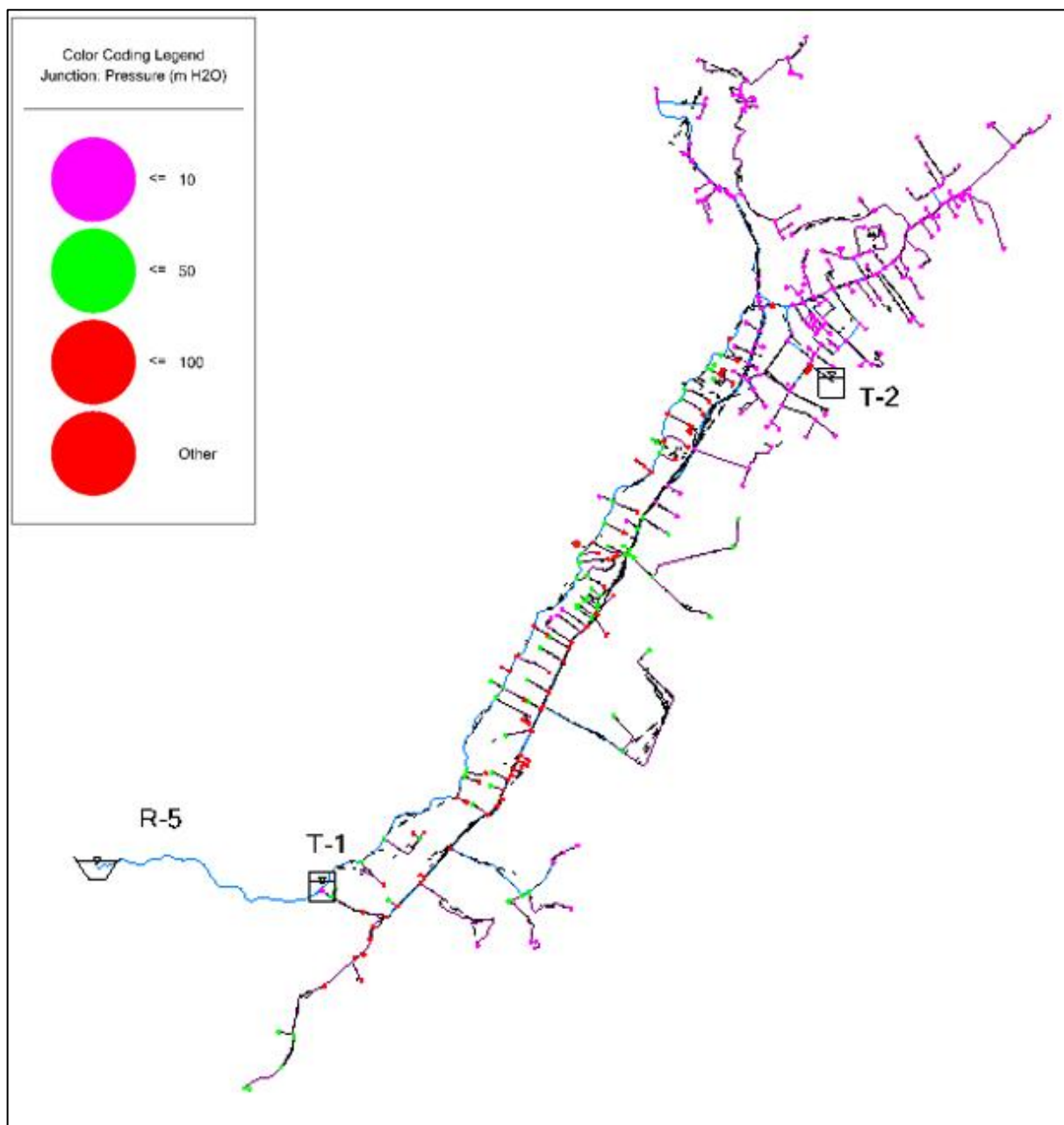
Elaborado por: los autores

Se registraron presiones mínimas críticas en varios sectores de la red, alcanzando valores tan bajos como -449 m.c.a. en el sector Las Colinas y -412 m.c.a. en Tañiloma. Estas condiciones extremas se observaron en la mayoría de los nodos alrededor de las 16:00 horas. Sin embargo, se identificaron excepciones en las zonas de Victoria del Portete Centro, San Pedro, Irquis, Conferencia 1 y Churuguzo, donde las presiones se mantuvieron por encima de los 10 m.c.a.

Por otro lado, las presiones máximas se registraron en sectores como Estación C. y San Pedro, alcanzando hasta 106 m.c.a., principalmente durante las horas con menor demanda, como las 6:00 p.m. Esto evidencia un sistema que, en ausencia de mecanismos de control, experimenta presiones excesivas en ciertos tramos cuando los consumos son bajos.

**Figura 44**

*Presiones con una línea de conducción de 200 mm*



*Nota.* Presión en los nodos a las 16:00 horas para la simulación de una tubería de conducción de 200 mm de diámetro.

Elaborado: por los autores

### **Velocidades críticas en la simulación**

**Tabla 21***Velocidades en tuberías*

SECTORES	velocidad	Hora para	velocidad	Hora para
	mínima	velocidad	máxima	velocidad
	0.45 m/s	mínima	4.5 m/s	máxima
Churuguzo	0	6:00 p. m.		
Conferencia 1	0	6:00 p. m.		
Conferencia 2	0.01	6:00 p. m.		
El Descanso	0	7:00 p. m.		
Estación C.	0	4:00 p. m.		
Irquis	0	7:00 p. m.		
La Cofradia	0	2:00 p. m.		
Las Colinas	0.24	11:00 a. m.		
Morascalle	0	11:00 a. m.		
Rosa de Oro	0	4:00 p. m.		
San José	0.01	3:00 p. m.		
San Pedro	0	8:00 a. m.		
Santa lucrecia	0	10:00 a. m.		

---

Santa	0	4:00 p. m.
Teresita		
Tañiloma	0	4:00 p. m.
Tarqui		
Centro	0	8:00 a. m.
VP Centro	0	8:00 a. m.
Zona Franca	0	8:00 a. m.

---

*Nota.* Velocidades en las tuberías para la simulación 1

Elaborado por: los autores

Se identificaron los rangos de velocidades mínimas y máximas en las tuberías durante la simulación de periodo extendido establecidas en la Tabla 3. Tal como se esperaba, las velocidades se comportan de forma directamente proporcional a la demanda: alcanzan sus valores más altos durante las horas de mayor consumo y disminuyen notablemente en los periodos de baja demanda.

En este escenario, se estableció un límite de velocidad máxima admisible de 4.5 m/s, conforme a los criterios normativos utilizados lo cual en ninguna tubería de la zona supero este parámetro.

En cuanto a las velocidades mínimas, se detectaron numerosos sectores con velocidad nula, especialmente en horas de menor consumo. Sectores como Churuguzo, Conferencia 1, El Descanso, Santa Lucrecia, Tarqui Centro, Zona Franca y otros sectores registraron velocidades de 0.0 m/s en la mañana en horas de la 8:00 a.m., 10:00 a.m. y 11:00 am y en la tarde a las 6:00 y 7:00 p.m., lo cual sugiere estancamiento temporal del flujo en esas tuberías.

Por otro lado, los pocos sectores con movimiento detectado durante estas horas mostraron valores muy bajos. Conferencia 2 y san José reportaron una velocidad mínima de 0.01 m/s,

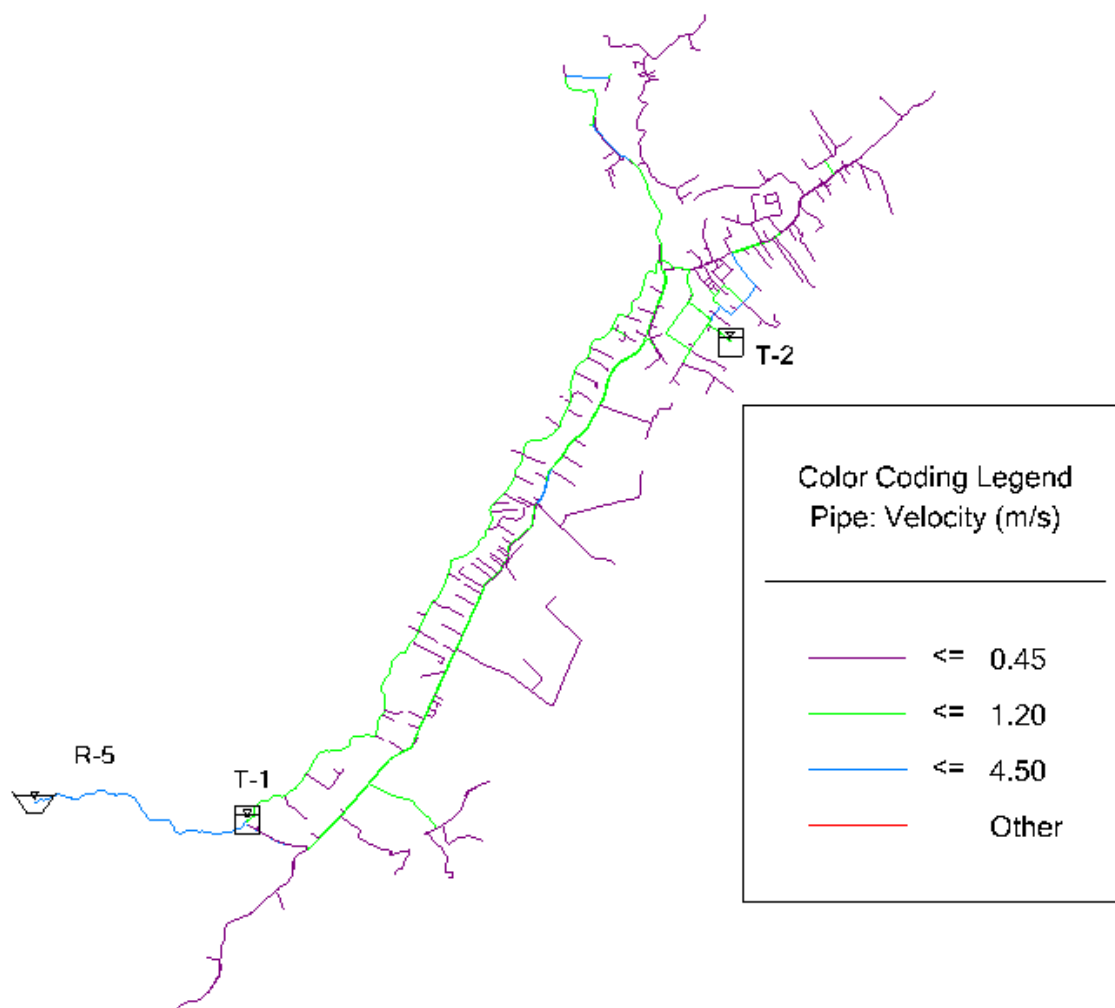


mientras que el sector Las Colinas presentó la velocidad más alta en este rango bajo con 0.24 m/s a las 11:00 a.m.

Estos resultados indican que existe un alto número de tramos en los que el flujo es prácticamente inexistente durante determinadas horas del día.

### Figura 45

*Velocidades de las tuberías*



*Nota.* Velocidades para la simulación con una tubería de conducción de 200 mm en las tuberías a las 8:00 a.m.

Elaborado por: los autores

### 7.5.2.2. Líneas de conducción con dos tuberías cada una de 200 mm de diámetro.

En el segundo escenario donde se implementaron dos líneas de conducción de 200 mm en paralelo, se evidencian mejoras considerables con respecto al escenario anterior.

**Tabla 22**

*Niveles máximos y mínimos en los tanques de almacenamiento para el escenario 2*

<b>Niveles máximos y mínimos en los tanques de almacenamiento</b>								
Elemento	Sección	Área m <sup>2</sup>	Altura M	Vol. m <sup>3</sup>	Llenado Máximo %	hora	Vaciado Mínimo %	hora
Tanque 1	Cuadrada	114.3	3.5	400	100	8am a 7 pm		
Tanque 2	Circular	53.3	3	160	68.4	8:00 a. m.	0	3:30 pm y 5:00 pm
<b>Volumen eficiente T1</b>			400	m3				
<b>Volumen adicional requerido T1</b>			0	m3				
<b>Volumen eficiente T2</b>			261.30	m3				
<b>Volumen adicional requerido T2</b>			101	m3				

*Nota.* Registro de niveles máximos y mínimos alcanzados por los tanques del sistema en el escenario 2, correspondiente a conducción en paralelo sin control de caudal

Elaborado por: los autores

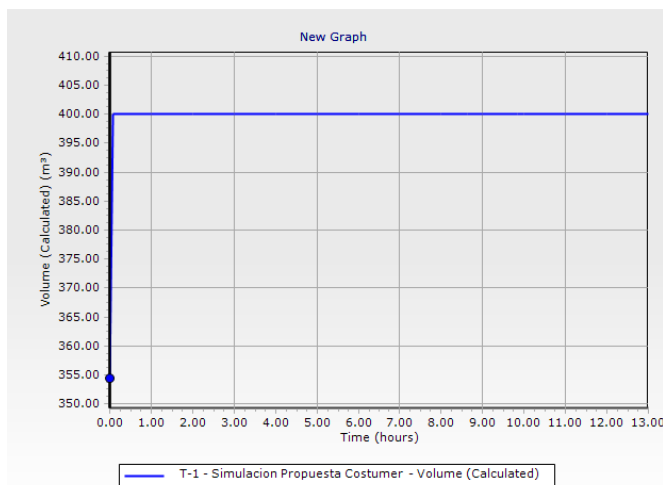
El tanque 1 logró mantener un nivel de llenado del 100 % durante un periodo amplio, desde las 8:00 de la mañana hasta las 7:00 de la noche, lo que indica una capacidad de recuperación constante y una reposición efectiva a lo largo del día.

El tanque 2 mantiene un nivel máximo de 68.4 % registrado a las 8:00 a.m., pero alcanzó vaciado total a las 3:30 p.m. y 5:00 p.m. tal como se muestra en la Tabla 22. Aunque esta condición refleja una deficiencia en la recarga, la mejora frente al escenario 1 es evidente, ya que el vaciado ocurre en un periodo más reducido y la recuperación en la mañana es más eficiente

demostrando que la implementación de la conducción en paralelo mejora la capacidad del sistema

**Figura 46**

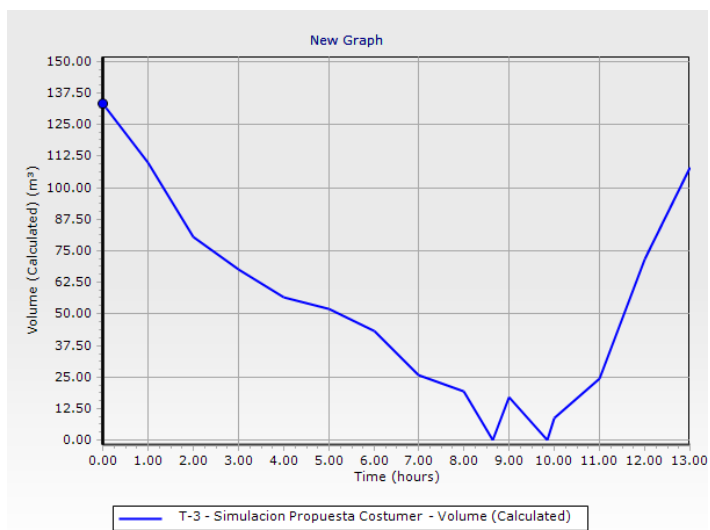
*Volumen del tanque 1*



Elaborado por: los autores

**Figura 47**

*Volumen del tanque 2*



Elaborado por: los autores

### Presiones en los nodos de los usuarios

En este escenario se analizaron las presiones generadas en los nodos de la red bajo la operación con dos líneas de conducción en paralelo de 200 mm, manteniéndose la demanda y curvas de consumo aplicadas en los medidores por cada sector.

**Figura 48**

*Presión en la red de la segunda simulación*

SECTORES	presión mínima	Hora de presión mínima	presión máxima	Hora de presión máxima
	10 m.c.a.		50 m.c.a.	
Churuguzo			108	6:00 p. m.
Conferencia 1			103	6:00 p. m.
Conferencia 2	-8	12:00 p. m.	95	6:00 p. m.
El Descanso			88	6:00 p. m.
Estación C.	4	12:00 p. m.	109	6:00 p. m.
Irquis	5	8:00 a. m.	97	6:00 p. m.
La Cofradia	-28	4:00 p. m.	63	7:00 p. m.
Las Colinas	-216	4:00 p. m.	84	6:00 p. m.
Morascalle	-28	4:00 p. m.		
Rosa de Oro	-16	3:00 p. m.	92	6:00 p. m.
San José	-37	4:00 p. m.	72	7:00 p. m.
San Pedro			111	6:00 p. m.
Santa lucrecia			77	7:00 p. m.
Santa Teresita			98	6:00 p. m.
Tañiloma	-31	4:00 p. m.	62	7:00 p. m.
Tarqui Centro	-8	3:00 p. m.	89	6:00 p. m.
VP Centro			106	6:00 p. m.
Zona Franca			96	6:00 p. m.

*Nota.* Presiones críticas máximas y mínimas en los nodos para la simulación 2.

Elaborado por: los autores

El sector más afectado es Las Colinas, donde se registró una presión mínima de -216 m.c.a. a las 4:00 p.m., seguido por San José con -37 m.c.a. a las 4:00 p.m. y Tañiloma con -31

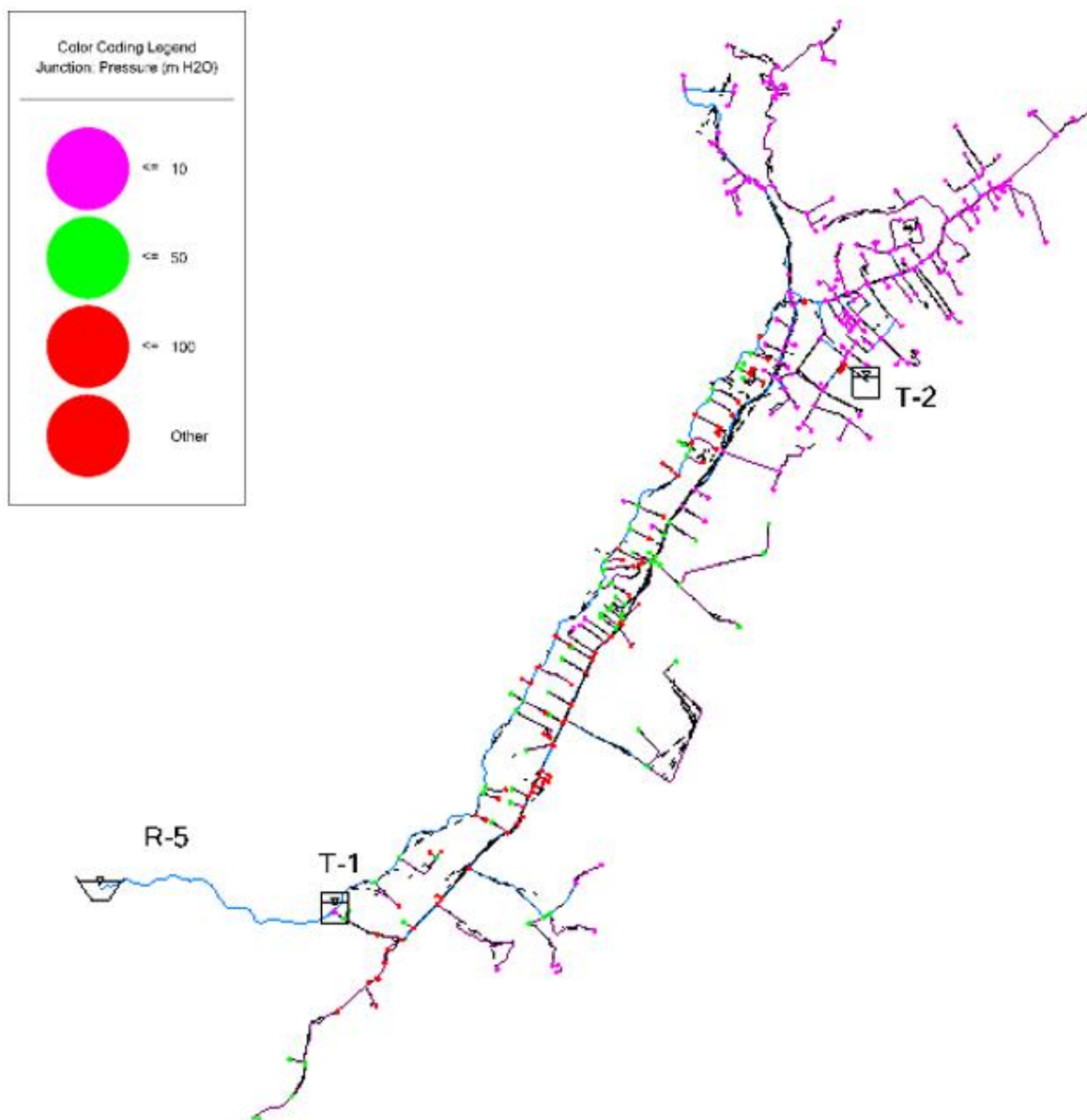
m.c.a. a las 4:00 p.m. Estos valores, aunque inferiores a los del primer escenario, aún representan condiciones críticas que podrían comprometer al sistema en la deficiencia del agua.

En los sectores como Churuguzo, Estación C. y Victoria del Portete centro alcanzaron presiones máximas de 108 m.c.a., 109 m.c.a., y 106 m.c.a. en horas de bajo consumo como a las 6:00 p.m.

Esto indica que, en condiciones de menor demanda, el sistema tiene capacidad de mantener presiones adecuadas y estables en diversos nodos. Cabe destacar que a diferencia del primer escenario la presencia de líneas en paralelo ha permitido distribuir mejor las pérdidas de carga y reducir las presiones negativas en varios sectores.

**Figura 49**

*Presiones con líneas de conducción en paralelo de 200 mm*



Nota. Análisis de nodos de la red de sistema de distribución a las 18:00 horas con la conducción en paralelo de 200 mm.

Elaborado por: los autores.

## Velocidad en las tuberías

**Tabla 23**

*Velocidades críticas en la simulación*

SECTORES	velocidad	Hora para	velocidad	Hora para
	mínima	velocidad	máxima	velocidad
	<u>0.45 m/s</u>	mínima	<u>4 .5 m/s</u>	máxima
Churuguzo	0	6:00 p. m.		
Conferencia 1	0	6:00 p. m.		
Conferencia 2	0	6:00 p. m.		
El Descanso	0	7:00 p. m.		
Estación C.	0	4:00 p. m.		
Irquis	0	4:00 p. m.		
La Cofradia	0	2:00 p. m.		
Las Colinas	0.3	11:00 a. m.		
Morascalle	0	11:00 a. m.		
Rosa de Oro	0	9:00 a. m.		
San José	0	7:00 p. m.		
San Pedro	0	8:00 a. m.		
Santa lucrecia	0	10:00 a. m.		
Santa Teresita	0	4:00 p. m.		
Tañiloma	0.01	11:00 a. m.		
Tarqui Centro	0	8:00 a. m.		
VP Centro	0	8:00 a. m.		

---

Zona Franca	0	8:00 a. m.
-------------	---	------------

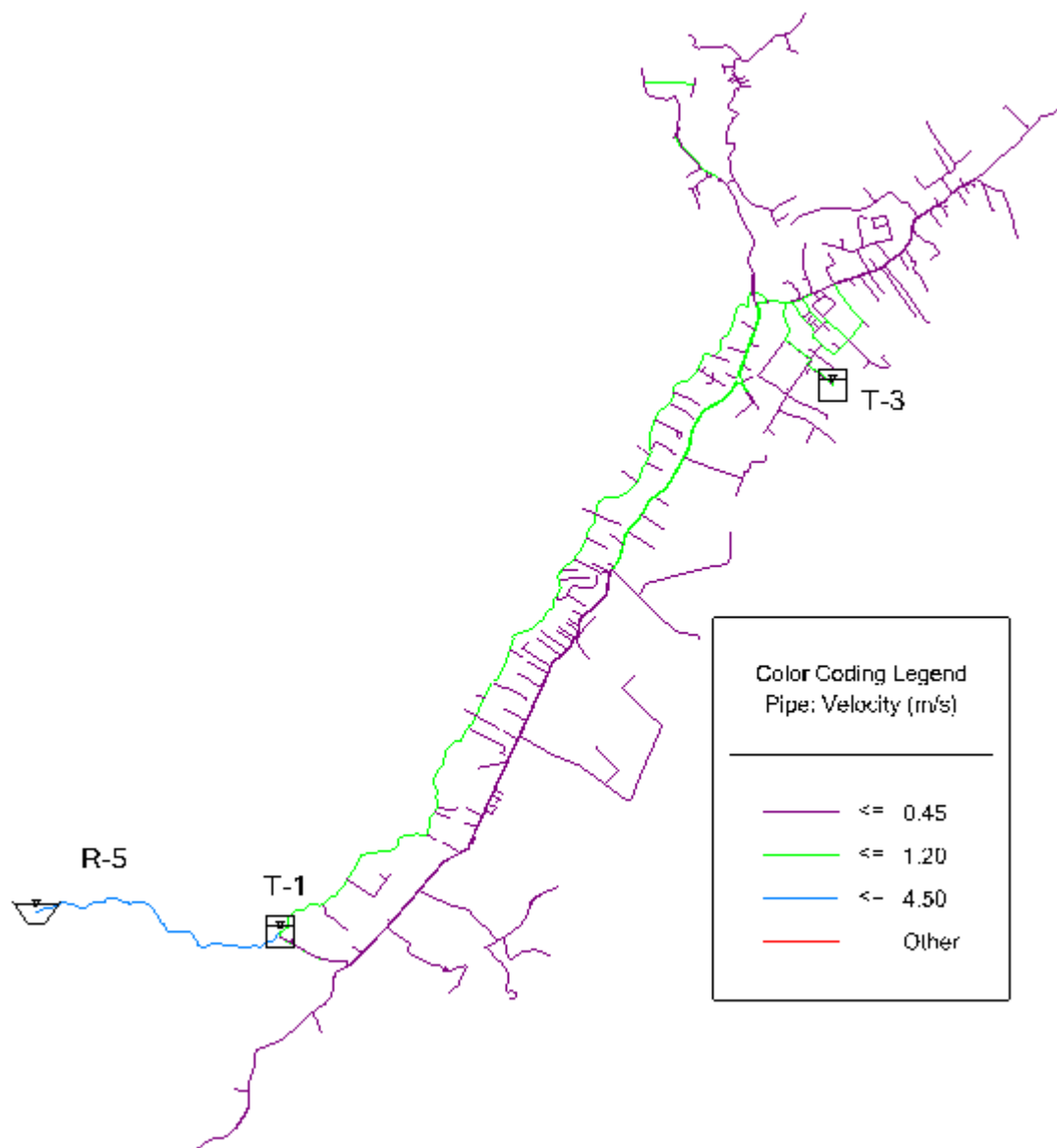
---

Elaborado por: los autores.

La mayoría de los sectores registraron velocidades mínimas de 0.0 m/s, especialmente en las primeras horas de la mañana entre las 6:00 a.m. y 8:00 a.m., como se evidenció en sectores como Churuguzo, Conferencia 1, Santa Lucrecia, Victoria del Portete Centro, Zona Franca entre otras como se muestra en la Tabla 23. Las Colinas registró una velocidad mínima de 0.3 m/s a las 11:00 a.m., mientras que Tañíloma alcanzó 0.01 m/s a las 8:00 a.m. Aunque estos valores siguen estando por debajo de 0.45 m/s, reflejan una mejora respecto al escenario anterior, donde estos mismos sectores habían reportado flujo completamente nulo.

Respecto a las velocidades máximas, se confirmó que ningún sector superó el límite de 4.5 m/s establecido por la normativa técnica, lo cual garantiza una operación dentro de los parámetros aceptables en cuanto a desgaste de tubería.



**Figura 50***Velocidades de las tuberías*

*Nota.* Velocidades para la simulación con tuberías de conducción en paralelo de 200 mm de diámetro en las tuberías a las 6:00 p.m.

Elaborado por: los autores

**7.5.2.3. Tubería de 200 mm de diámetro con una válvula de control (FCV), que limita el flujo a 20 l/s.**

**Tanques de almacenamiento**

En este escenario se simuló con una línea de conducción de 200 mm, además se implementó un control de caudal que limitó la entrega a 20 litros por segundo.

**Tabla 24**

*Niveles máximos y mínimos en los tanques de almacenamiento para el escenario 3*

Niveles máximos y mínimos en los tanques de almacenamiento								
Elemento	Sección	Áreas m <sup>2</sup>	Altura m	Vol. m <sup>3</sup>	Llenado Máximos %	Hora	Vaciado Mínimo %	hora
Tanque 1	Cuadrado	114.3	3.5	400	71.5	8:00 a.m.	0	11:00 am, 1:00 pm a 2:00 pm, 3:15 pm a 4:15 pm, 5:30 pm, 6:00 pm a 19 pm
Tanque 2	Circular	53.3	3	160	68.3		0	11:30 am a 12:00 pm, 12:15 pm a 1:00 pm, 1:20 pm, 2:15 pm a 3:00 pm, 4:00 pm a 5 pm, 6:00 pm a 7:00 pm
				<b>Volumen eficiente T1</b>	874.5			
					0			m3
				<b>Volumen adicional requerido T1</b>	474.5			m3
				<b>Volumen eficiente T2</b>	266.6			m3
					3			
				<b>Volumen adicional requerido T3</b>	106.6			m3
					3			

Nota: Porcentajes de llenado máximo y mínimo obtenidos durante la simulada en el escenario con caudal de 20 l/s con válvula de control.

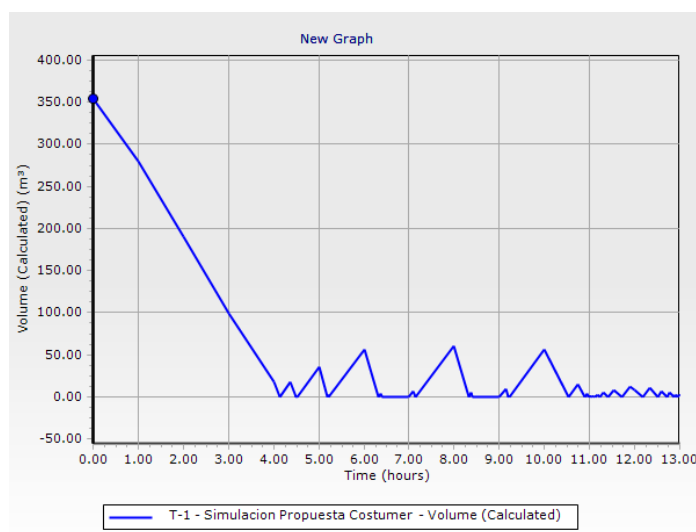
El Tanque 1, de mayor capacidad, presentó un nivel máximo de 71.5 % alrededor de las 8:00 a.m., mostrando un comportamiento estable en horas de menor consumo. Sin embargo, a partir

de las 11:00 a.m. hasta las 7:00 p.m., el llenado descendió al 0.0 %, lo que indica un vaciado progresivo a medida que la demanda incrementa.

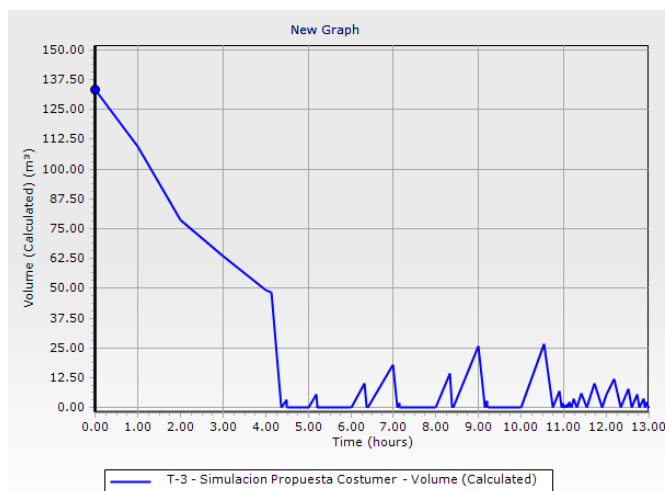
El comportamiento del Tanque 2 fue similar. A pesar de alcanzar un llenado máximo de 68.3 % alrededor de las 11:30 a.m., los registros indican una rápida caída hasta alcanzar un vaciado total (0.0 %) entre las 4:00 p.m. y 7:00 p.m. Esto sugiere que el suministro disponible no logra cubrir simultáneamente la demanda y la recarga del tanque.

**Figura 51**

*Volumen del tanque 1*



Elaborado por: los autores.

**Figura 52***Volumen del tanque 2*

Elaborado por: los autores.

**Presiones en los nodos de los usuarios****Tabla 25***Presión en la red de la segunda simulación*

SECTORES	Presión mínima	Hora para velocidad mínima	Presión máxima	Hora para velocidad mínima
	10 m.c.a.		50 m.c.a.	
Churuguzo	-15	2:00 p. m.	100	6:00 p. m.
Conferencia 1	-396	2:00 p. m.	100	6:00 p. m.
Conferencia 2	-484	2:00 p. m.	91	6:00 p. m.
El Descanso	-444	2:00 p. m.	85	6:00 p. m.
Estación C.	-405	2:00 p. m.	90	6:00 p. m.
Irquis	-490	2:00 p. m.	93	6:00 p. m.
La Cofradia	-440	3:00 p. m.	62	7:00 p. m.
Las Colinas	-316	4:00 p. m.	83	7:00 p. m.
Morascalle	-440	3:00 p. m.		
Rosa de Oro	-332	2:00 p. m.	90	6:00 p. m.
San José	-449	3:00 p. m.	71	7:00 p. m.
San Pedro	-435	2:00 p. m.	90	6:00 p. m.
Santa lucrecia	-401	2:00 p. m.	75	8:00 a. m.
Santa Teresita			89	6:00 p. m.
Tañiloma	-443	3:00 p. m.	60	7:00 p. m.

Tarqui Centro	-422	3:00 p. m.	88	6:00 p. m.
VP Centro	-422	2:00 p. m.	67	8:00 a. m.
Zona Franca	-304	2:00 p. m.	94	6:00 p. m.

Nota. Presiones críticas máximas y mínimas en los nodos para la simulación 2.

Elaborado por: los autores

Las presiones mínimas se registraron en horas vespertinas, particularmente entre las 2:00 p.m. y 3:00 p.m., coincidiendo con el incremento del consumo. Sectores como Conferencia 2, Irquis, Tañiloma, San José reportaron valores extremos por debajo de los -450 m.c.a., destacando el caso de Irquis, que alcanzó una presión mínima de -490 m.c.a., una de las más críticas de todo el sistema.

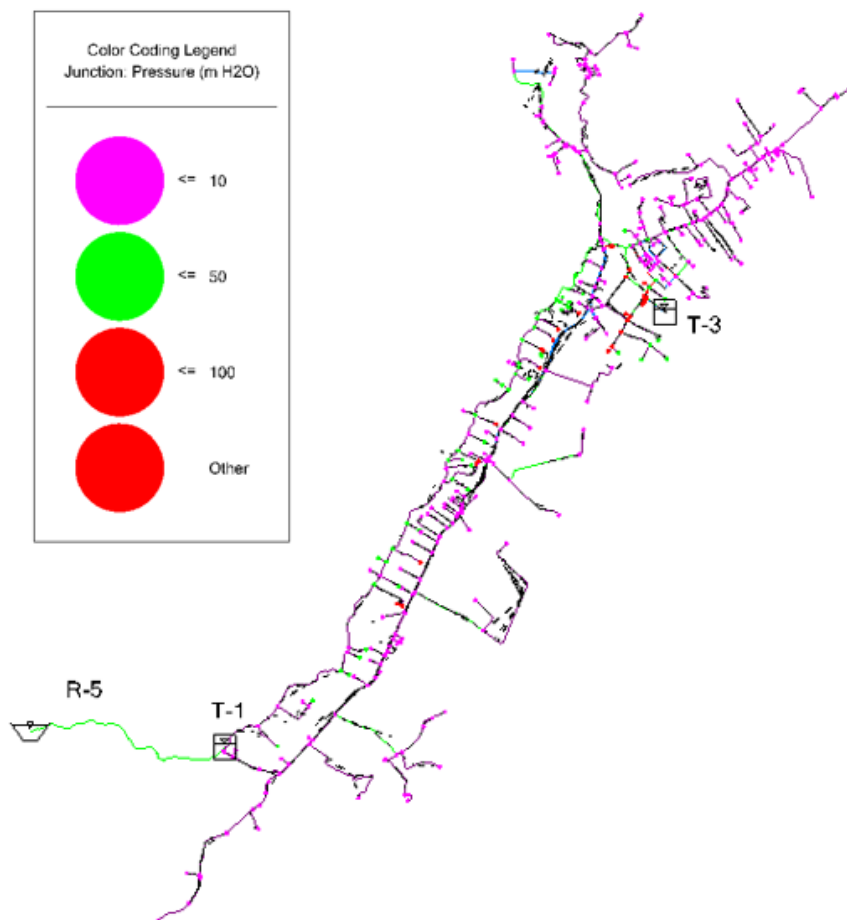
Otros sectores como Zona Franca, Morascalle, La Cofradia y VP Centro también evidenciaron presiones inferiores a -300 m.c.a., lo que indica condiciones de vacío en gran parte de la red, lo cual presenta dificultad del sistema para abastecer en forma continua.

En cuanto a las presiones máximas tenemos valores que están entre 60 y 100 m.c.a. en sectores como Churuguzo, Conferencia 1, Santa Lucrecia entre otros como se muestra en la Tabla 25.

Estas presiones se registraron principalmente en horarios nocturnos o de baja demanda, alrededor de las 6:00 p.m. a 7:00 p.m., cuando la válvula aún permite la acumulación de presión en sectores con menor demanda.

**Figura 53**

*Presiones con línea de conducción de 200 mm*



*Nota.* Análisis de nodos de la red de sistema de distribución a las 18:00 horas con una conducción de 200 mm entregando un caudal de 20 l/s. Elaborado por: los autores

### Velocidad en las tuberías

**Tabla 26**

*Velocidades críticas en la simulación tres*

SECTORES	velocidad mínima	Hora para	velocidad máxima	Hora para
	0.45 m/s		4.5 m/s	

		<b>velocidad mínima</b>	<b>velocidad máxima</b>
Churuguzo	0	6:00 p. m.	
Conferencia 1	0	6:00 p. m.	
Conferencia 2	0	6:00 p. m.	
El Descanso	0	7:00 p. m.	
Estación C.	0	6:00 p. m.	
Irquis	0	4:00 p. m.	
La Cofradia	0	11:00 a. m.	
Las Colinas	0.27	7:00 p. m.	
Morascale	0	11:00 a. m.	
Rosa de Oro	0	9:00 a. m.	
San José	0	7:00 p. m.	
San Pedro	0	5:00 p. m.	
Santa lucrecia	0	10:00 a. m.	
Santa Teresita	0	4:00 p. m.	
Tañiloma	0.01	5:00 p. m.	
Tarqui Centro	0	8:00 a. m.	
VP Centro	0	8:00 a. m.	
Zona Franca	0	8:00 a. m.	

Elaborado por: los autores

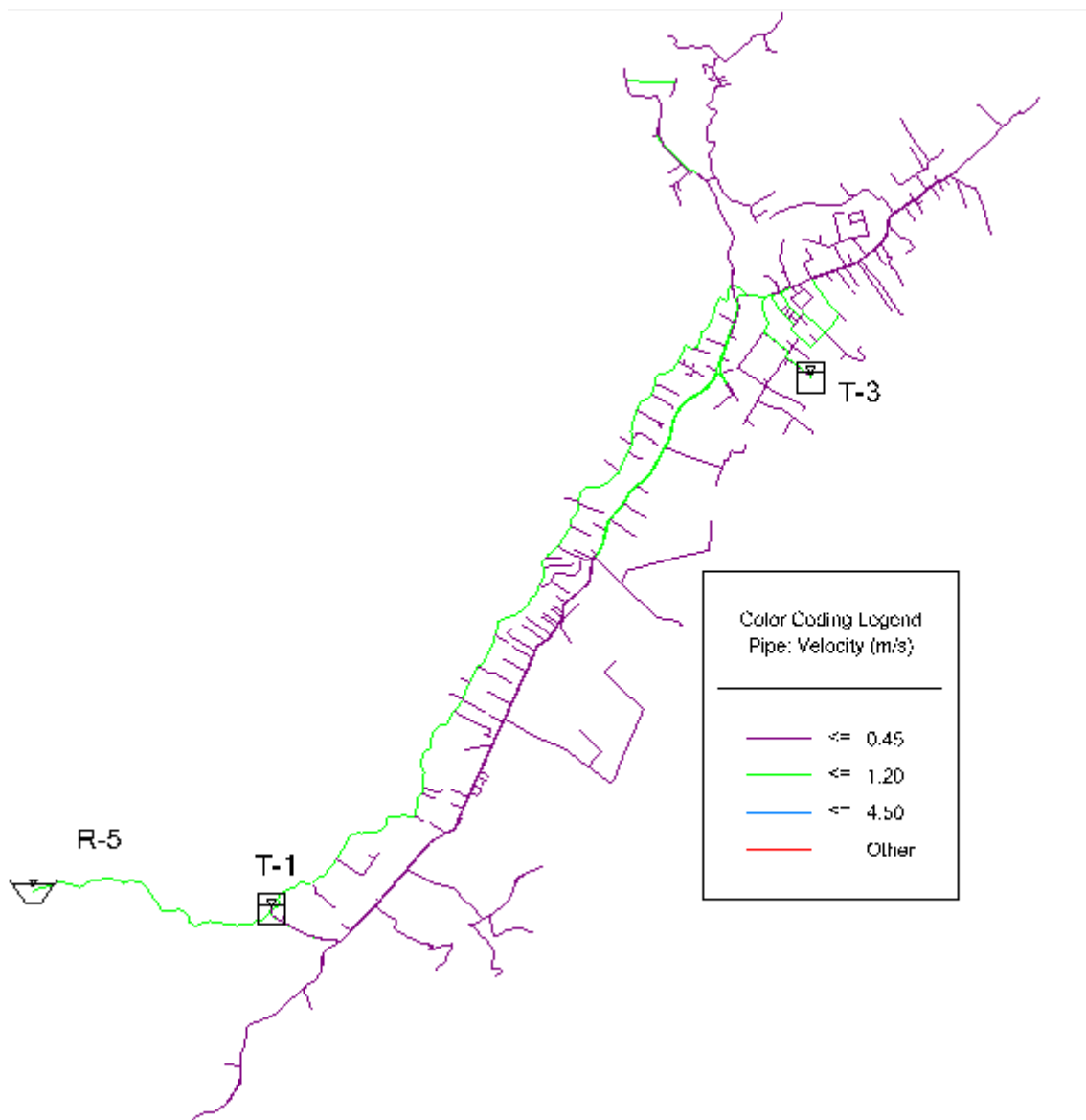
Mediante la Tabla 26 se tiene que la mayoría de los sectores presentó velocidades mínimas de 0.0 m/s, reflejando baja actividad durante varias horas del día, particularmente entre las 6:00 a.m. y 8:00 a.m. y en las tardes de 6:00 p.m. a 7:00 p.m. Sectores como Churuguzo, Conferencia 1, Estación C., Santa Lucrecia, Tarqui Centro, VP Centro, Zona Franca, entre otras permanecieron sin movimiento en la red durante estas horas.

Entre los pocos sectores que registraron algún nivel de circulación, Las Colinas mostró la velocidad mínima más alta con 0.27 m/s a las 7:00 p.m., seguida por Tañiloma con 0.01 m/s a las 5:00 p.m. Estos valores reflejan una leve mejora en relación con sectores completamente estancados ya sea por el desnivel que se presenta con respecto al tanque 2.

En cuanto a las velocidades máximas, no se registraron valores que superen el límite de 4.5 m/s, lo cual confirma que el sistema opera dentro de los márgenes establecidos por la normativa para evitar erosión en las tuberías.

### Figura 54

#### *Velocidades de las tuberías*



Nota. Velocidades para la simulación con tuberías de conducción en paralelo de 200 mm de diámetro en las tuberías a las 6:00 p.m. Elaborado por: los autores



#### 7.5.2.4. Dos tuberías de 200 mm de diámetro con válvulas FCV, entregando 20 l/s

En este escenario se simula una configuración optimizada del sistema con dos líneas de conducción en paralelo, cada una equipada con una válvula de control de caudal de 20 l/s.

**Tabla 27**

*Niveles máximos y mínimos en los tanques de almacenamiento para el escenario 4*

Elemento	Sección	Área m <sup>2</sup>	Altura M	Vol. m <sup>3</sup>	Llenado Máximo		Vaciado Mínimo	
					%	hora	%	hora
Tanque 1	Cuadrada	114.3	3.5	400	88.2702162	8:00 a. m.	0	4:00 pm, 4:30 pm 3:15 pm,
Tanque 2	Circular	53.3	3	160	68.4	8:00 a. m.	0	4:30 pm a 5:00 pm
Volumen eficiente T1		514	m3					
Volumen adicional requerido T1		114	m3					
Volumen eficiente T2		239.97	m3					
Volumen adicional requerido T2		79.97	m3					

Nota: porcentajes de llenado máximo y mínimo observados en los tanques de almacenamiento bajo condiciones de conducción paralela con caudal limitado por válvula a 20 l/s en cada línea.

Elaborado por: los autores

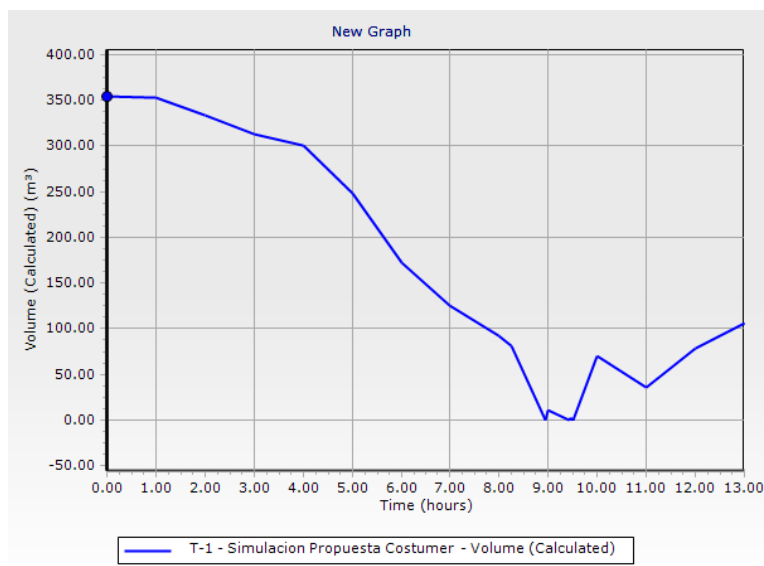
El comportamiento del Tanque 1 muestra una mejora respecto al escenario anterior, alcanzando un nivel de llenado máximo del 88.3 % a las 8:00 a.m., aunque posteriormente se evidencia un vaciado completo entre las 4:00 p.m. y 4:30 p.m. debido al incremento de la demanda vespertina.

El Tanque 2, de menor capacidad su llenado máximo fue de 68.4 % también a las 8:00 a.m., mientras que su nivel cayó a 0.0 % a las 3:15 p.m., 4:00 p.m. y 5:00 p.m., lo que indica un

comportamiento sincronizado con los picos de consumo ya que se tiene consumos distintos para cada sector

**Figura 55**

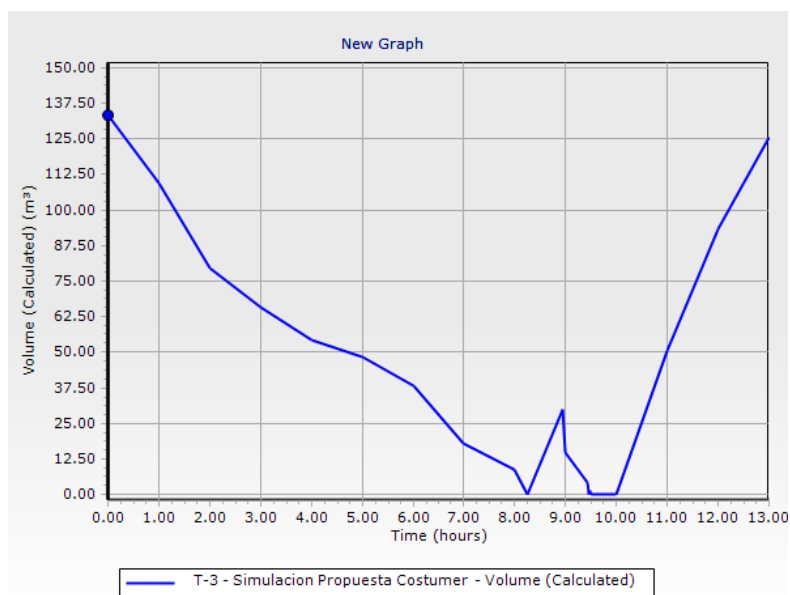
*Volumen del tanque 1*



Elaborado por: los autores

**Figura 56**

*Volumen del tanque 2*



Elaborado por: los autores

## Presiones en los nodos de los usuarios

**Tabla 28**

*Presión en la red de la segunda simulación*

SECTORES	Presión	Hora de presiones mínimas	Presión	Hora de presiones máximas
	mínima 10 m.c.a.		máxima 50 m.c.a.	
Churuguzo			99	8:00 a. m.
Conferencia 1			92	10:00 a. m.
Conferencia 2	-9	12:00 p. m.	87	10:00 a. m.
El Descanso			82	8:00 a. m.
Estación C.	3	12:00 p. m.	107	6:00 p. m.
Irquis	2	4:00 p. m.	90	10:00 a. m.
La Cofradia	-154	5:00 p. m.	64	7:00 p. m.
Las Colinas	-316	4:00 p. m.	83	7:00 p. m.
Morascalle	-157	3:00 p. m.		
Rosa de Oro	-139	5:00 p. m.	91	6:00 p. m.
San José	-165	5:00 p. m.	73	7:00 p. m.
San Pedro			106	6:00 p. m.
Santa lucrecia	-140	5:00 p. m.	82	6:00 p. m.
Santa Teresita			90	6:00 p. m.
Tañiloma	-159	5:00 p. m.	62	7:00 p. m.
Tarqui Centro	-151	5:00 p. m.	83	6:00 p. m.
VP Centro			98	10:00 a. m.
Zona Franca	-47	5:00 p. m.	95	6:00 p. m.

Nota. Presiones criticas máximas y mínimas en los nodos para la simulación 2. Elaborado por: los autores

Los resultados en base a Tabla 28 muestran las presiones máximas, alcanzando valores cercanos o superiores a 90 m.c.a. en la mayoría de los sectores. Destacan Estación C. con 107 m.c.a. a las 6:00 p.m., San Pedro con 106 m.c.a., y Churuguzo con 99 m.c.a. a las 8:00 a.m., lo cual podrían

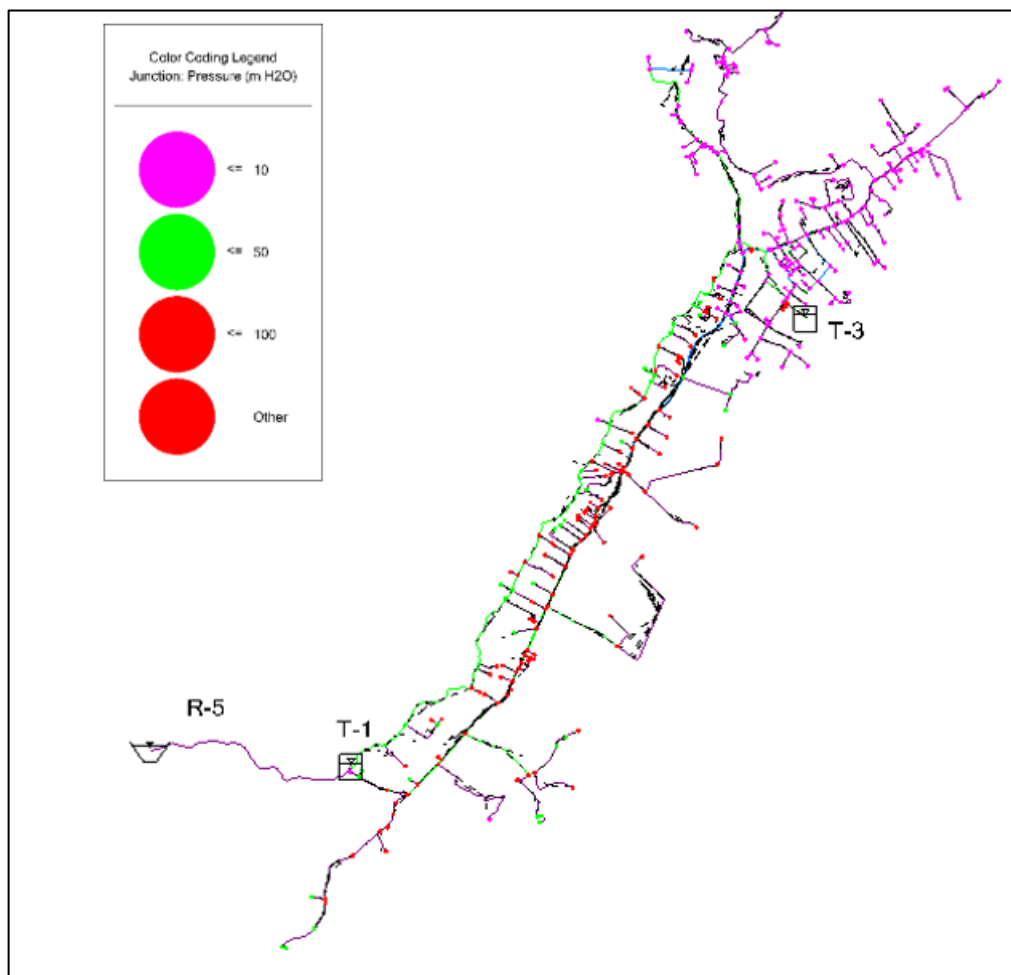
causar daños en la tubería. Sin embargo, existen presiones negativas durante los picos de consumo. Por ejemplo, Las Colinas reportó una presión mínima de -316 m.c.a., Tañíloma de -159 m.c.a., y Tarqui Centro de -151 m.c.a., todas a las 5:00 p.m., momento de alta demanda en la red.

Figura

Presiones con líneas de conducción en paralelo de 200 mm

**Figura 57**

*Presión en la red de la segunda simulación*



Nota. Análisis de nodos de la red de sistema de distribución a las 17:00 horas con la conducción en paralelo de 200 mm entregando 20 l/s cada línea.

Elaborado por: los autores

### Velocidad en las tuberías

**Tabla 29**

*Velocidades críticas en la simulación tres*

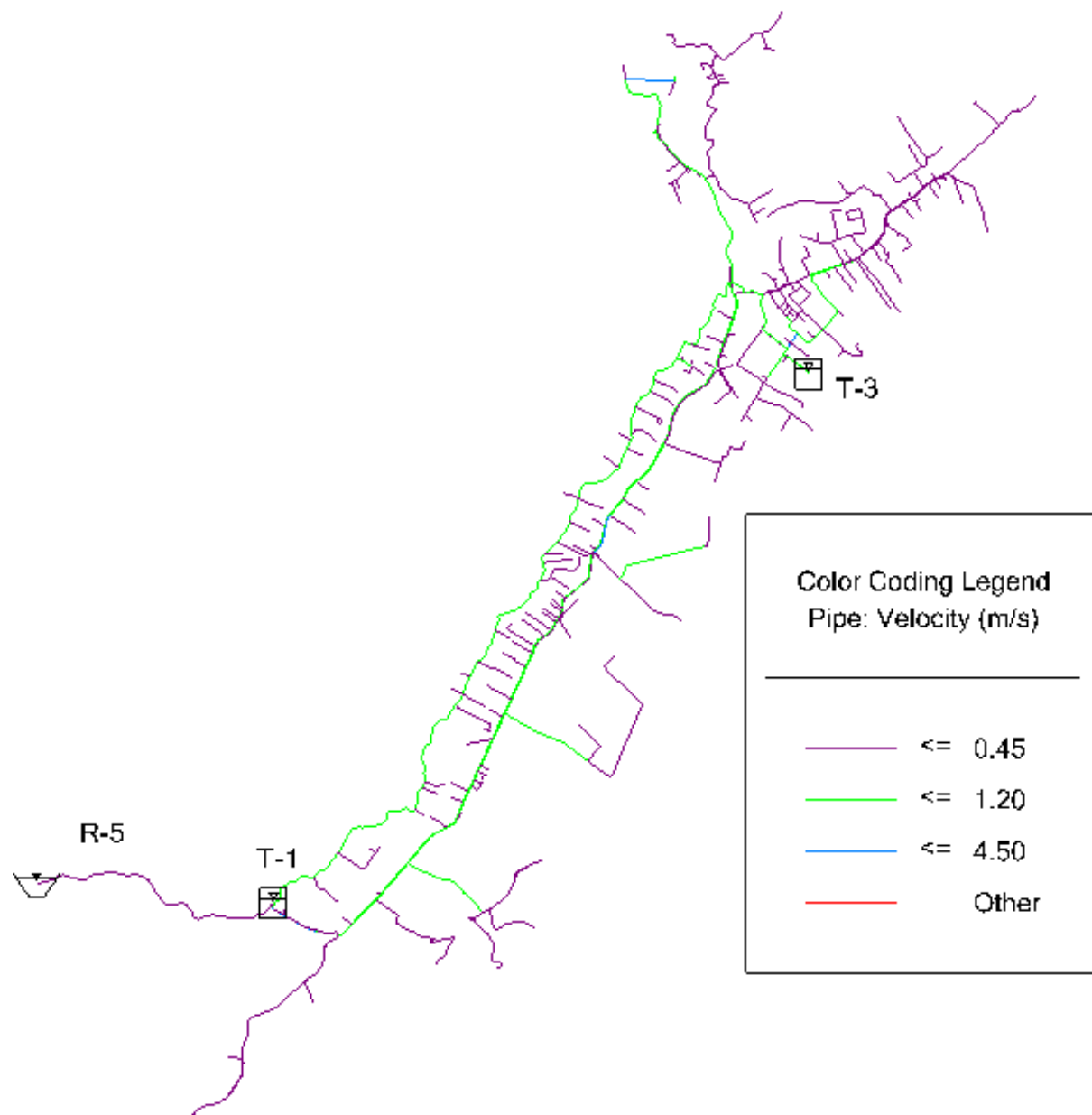
SECTORES	velocidad mínima	Hora para velocidad mínima	velocidad máxima	Hora para velocidad máxima
	0.45 m/s		4.5 m/s	
Churuguzo	0.01	8:00 a. m.		
Conferencia 1	0.03	10:00 a. m.		
Conferencia 2	0.01	10:00 a. m.		
El Descanso	0.01	9:00 a. m.		
Estación C.	0	6:00 p. m.		
Iquis	0	2:00 p. m.		
La Cofradia	0	2:00 p. m.		
Las Colinas	0.27	7:00 p. m.		
Morascalle	0	11:00 a. m.		
Rosa de Oro	0	9:00 a. m.		
San José	0	7:00 p. m.		
San Pedro	0	10:00 a. m.		
Santa lucrecia	0	10:00 a. m.		
Santa Teresita	0	4:00 p. m.		
Tañiloma	0	7:00 p. m.		
Tarqui Centro	0	8:00 a. m.		
VP Centro	0	8:00 a. m.		
Zona Franca	0	8:00 a. m.		

Elaborado por: los autores

Las velocidades mínimas registradas en la Tabla 29 indican que la mayoría de los sectores aún experimentan periodos sin movimiento hidráulico. Varios puntos, como Iquis, La Cofradia,

Santa Lucrecia, VP Centro, Zona Franca lo cual presentan velocidades mínimas de 0.0 m/s, en horarios de 8:00 a.m., 2:00 p.m., 4:00 p.m., lo que evidencia una falta de circulación. A pesar de esto, se observaron sectores con valores de velocidad mínimos no nulos, lo cual representa una mejora respecto a los escenarios anteriores como Las Colinas registró 0.27 m/s a las 7:00 p.m., Conferencia 1 alcanzó 0.03 m/s a las 10:00 a.m., Churuguzo, Conferencia 2 y El Descanso reportaron 0.01 m/s en horas matutinas.

Aunque ninguna de estas velocidades supera lo recomendado de 0.45 m/s, esta simulación indica que la red logra mantener un nivel mínimo de circulación en más sectores que en los escenarios previos, lo que representa un avance en términos de calidad del servicio y prevención de estancamientos.

**Figura***Velocidades de las tuberías*

*Nota.* Velocidades para la simulación con tuberías de conducción en paralelo de 200 mm de diámetro entregando caudales de 20 l/s cada una a las 2:00 p.m. Elaborado por: los autores

### 7.6. Repotenciación

A partir de las evaluaciones realizadas, se identificaron sectores críticos que presentaban presiones bajas como altas, así como velocidades inadecuadas en las tuberías. Con base en estos resultados, se propuso una serie de mejoras para optimizar el funcionamiento del sistema.

En una primera etapa, se analizó la posibilidad de instalar nuevas tuberías para incrementar el caudal hacia las zonas altas, como Morascalle, Tañiloma y Cofradia. Como solución, se propuso la instalación de una tubería adicional conectada desde el tanque T2, lo cual permitiría abastecer adecuadamente estos sectores.

Asimismo, para garantizar el suministro de agua en la parte alta del sector Conferencia 2, se optó por la implementación de una bomba. Esta fue considerada la única alternativa viable, debido al desnivel existente de 81.62 metros entre la red matriz y dicho sector.

Por otro lado, para resolver los problemas de presiones excesivamente altas, se decidió implementar válvulas reductoras de presión (PRV), las cuales permitieron regular adecuadamente los niveles de presión en los tramos afectados.

Todos los elementos implementados en la red se detallan en la Tabla 30.

**Tabla 30**

*Elementos implementados en la red de distribución para su repotenciación*

ELEMENTOS NUEVOS IMPLEMENTADOS				
Sector	Válvulas	Bomba	Tanque	Tubería
Irquis	5			
Conferencia 2		1	1	1 tubería Ø= 50mm L= 343 m
Victoria del Portete	1			



---

Conferencia 1			
Churuguzo	4		
San Pedro	2		
Estación de Cumbe	2		
Santa Teresita	4		
	3		1 tubería Ø= 110mm
			L= 359 m
Tarqui Centro			1 tubería Ø= 110mm
			L= 148 m
			1 tubería Ø= 110mm
San José			L= 1590 m

---

Elaborado por: los autores

Luego de implementar los elementos nuevos en la red, se procedió a verificar que los parámetros de presión y velocidad se mantuvieran dentro del rango de diseño establecido. Para los nodos y tramos de tubería que continuaban presentando fallas, se realizaron ajustes adicionales, específicamente mediante el cambio de diámetros en algunas tuberías.

**Tabla 31**

*Cambio de tuberías por sector*

---

TUBERÍAS CAMBIADAS			
Sector	Ø	Ø	Longitud (m)
	Actual (mm)	Reemplazado (mm)	
Conferencia 1	63	110	1022

---

---

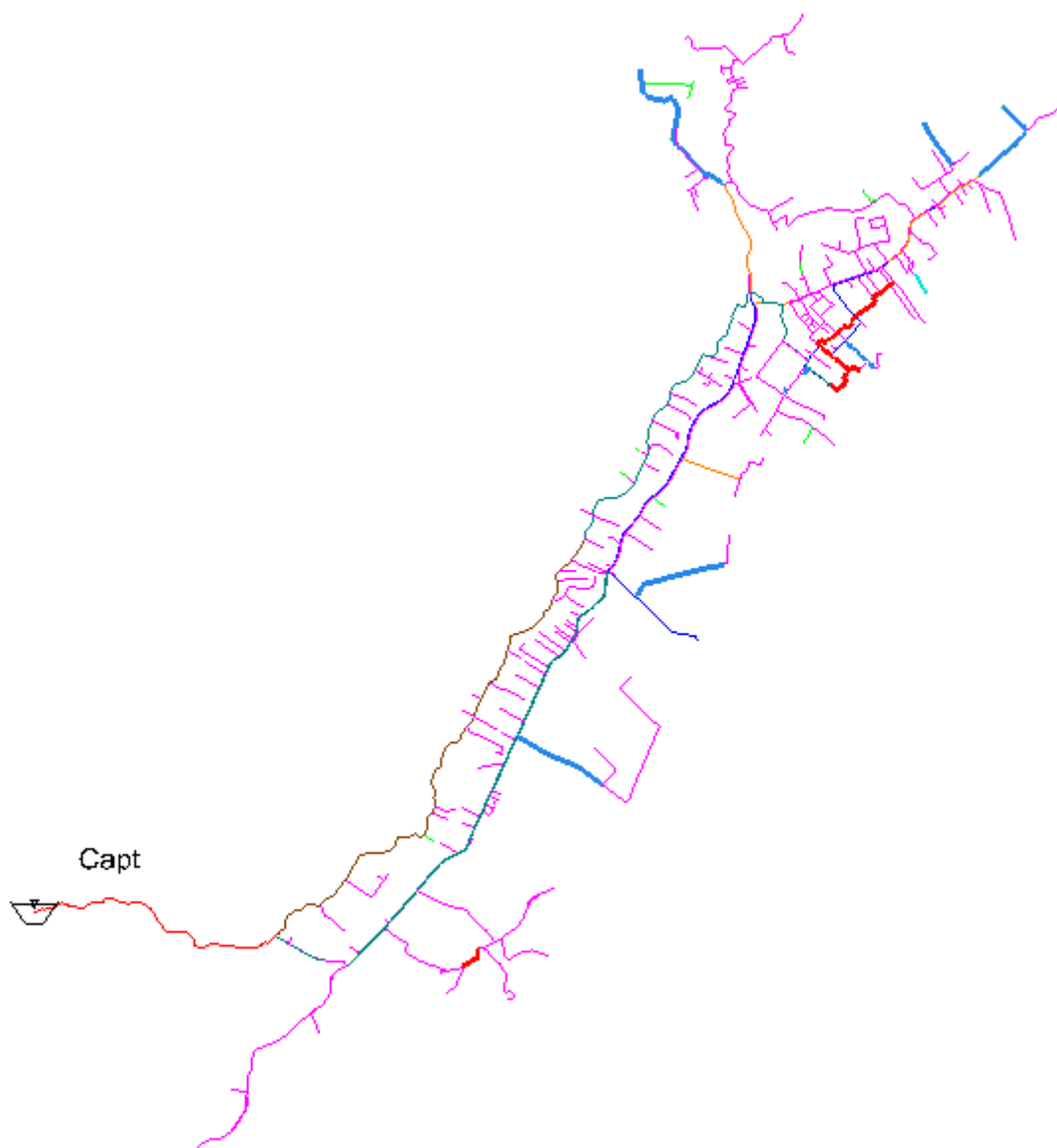
Estación de Cumbe	32	63	1019
	63	50	63
Santa Lucrecia	63	50	190
	63	90	392.8
Tarqui Centro	63	90	1038
Morascalle	63	90	547
Cofradia	63	90	610
Rosa del Oro	63	90	987
	63	90	987
Las Colinas	50	63	150

---

Elaborado por: los autores

**Tabla 32**

*Tuberías nuevas y remplazadas en la red*



Nota. Las tuberías de color rojo son tuberías nuevas, las tuberías de color azul son tuberías remplazadas por otras tuberías con distintos diámetros

Elaborado por los autores

**Tabla 33***Propuesta de repotenciación*

<b>DATOS CON LA PROPUESTA DE REPOTENCIACION</b>						
<b>Sector</b>	<b>Presión</b>		<b>Velocidad</b>		<b>Caudal</b>	
	<b>Mínima</b>	<b>máxima</b>	<b>mínima</b>	<b>máxima</b>	<b>mínima</b>	<b>máxima</b>
Descanso	13	52	0.03	0.49	0.0812	1.3066
Irquis	18	54	0.02	1.72	0	29.37
Conferencia	3	56	0.01	2.46	0.0182	1.7176
Victoria del Portete	22	60	0.06	0.75	0.1542	12.88
Conferencia	49	51	0.28	0.6	0.72	4.9
Churuguzo	24	67	0.03	0.66	0.085	11.25
San Pedro	4	66	0.01	1.3	0.039	4.24
Estación de Cumbe	-4	58	0.03	1.01	0.0742	6.93
Santa Teresita	24	68	0.02	0.83	0.3438	4.58
Santa Lucrecia	7	67	0.07	1.15	0.758	3.04
Tarqui Centro	6	75	0.01	1.85	0.213	13.57
San José	4	59	0.01	0.99	0.02	5.64
Tañiloma	3	46	0.01	0.42	0.0256	2.27
Morascalle	5	23	0.05	0.2	0.2935	1.0975
Cofradia	5	45	0.04	0.67	0.205	1.71
Rosa del Oro	8	50	0.01	0.66	0.002	3.56
Zona Franca	14	47	0.01	0.52		1.38
Las Colinas	7	46	0.07	0.98	0.15	1.42

Elaborado por: los autores

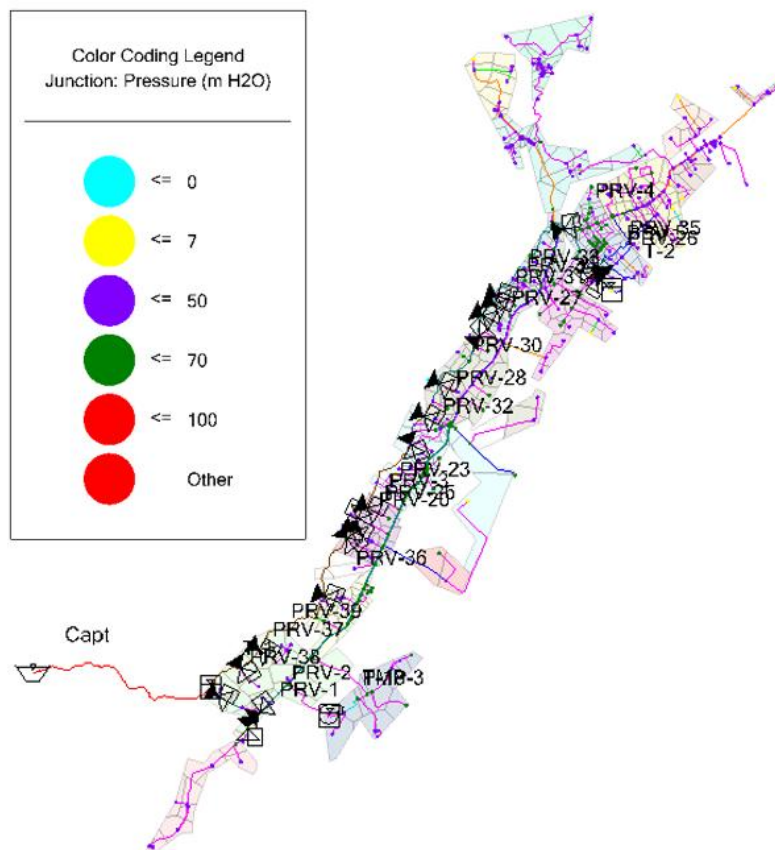
A partir de los cambios implementados, se realizó la simulación del sistema en el software WaterGEMS para verificar su eficiencia y cumplimiento con los parámetros de diseño. Los resultados obtenidos muestran mejoras significativas en comparación con las simulaciones realizadas durante la evaluación.

Se logró eliminar las presiones negativas en la red, manteniendo la más baja en -4 m.c.a., correspondiente a un nodo ubicado en una zona con un desnivel de 33.37 metros. Cabe señalar que este tramo abastece únicamente a cuatro usuarios, quienes deberán gestionar la instalación de una bomba mediante financiamiento propio para garantizar el suministro adecuado.

En el otro extremo, se registró la presión más alta de 75 m.c.a., localizada en la tubería de la matriz principal. Sin embargo, los ramales conectados a esta matriz presentan presiones dentro del rango aceptable, entre 7 y 52 m.c.a. Se destaca que algunas presiones menores a 10 m.c.a. se deben a las condiciones topográficas del terreno.

**Figura 58**

*Simulación de la propuesta de repotenciación*



Elaborado por: los autores

### 7.6.1. Bomba

Para la implementación del sistema de bombeo en el sector de la conferencia 2, se procedió primero a la construcción de un tanque cisterna ubicado a una cota de 2699.98 msnm. Posteriormente, se instaló una bomba a una cota de 2700.03 msnm.

El cálculo del volumen requerido del tanque se realizó en función del caudal estimado en la tubería correspondiente, el cual fue de 0.5578 litros por segundo (l/s). En base a este valor, se definió un volumen útil de 2 m<sup>3</sup> para el tanque.

A partir de estos parámetros, se determinaron las dimensiones geométricas del tanque, las cuales se detallan en la siguiente Tabla 34.

**Tabla 34**

*Dimensiones del tanque*

Tanque de cisterna		
Caudal en la tubería	0.55	l/s
Volumen tanque cisterna	2.008	m <sup>3</sup>
H	2	M
B	1	M
L	1	M

Elaborado por: los autores

Con base en el caudal estimado presentado en la Tabla 34 se procedió al cálculo del caudal de bombeo con la Fórmula 25, considerando que la bomba operará durante 16 horas diarias.

Además, se determinó la altura total de bombeo, tomando en cuenta tanto el desnivel como las pérdidas de carga por fricción y por accesorios empleando la Fórmula 27.

Como resultado, se obtuvo un caudal de bombeo de 72.3 m<sup>3</sup>/h y una altura manométrica total de 62.4 metros, valores que se resumen en la Tabla 36. En función de estos requerimientos hidráulicos, se seleccionó la bomba modelo 2 ½ CC8MS.

**Tabla 35**

*Parámetro para la selección de la bomba*

Altura dinámica y altura de bombeo		
Hb	62.37	M

---

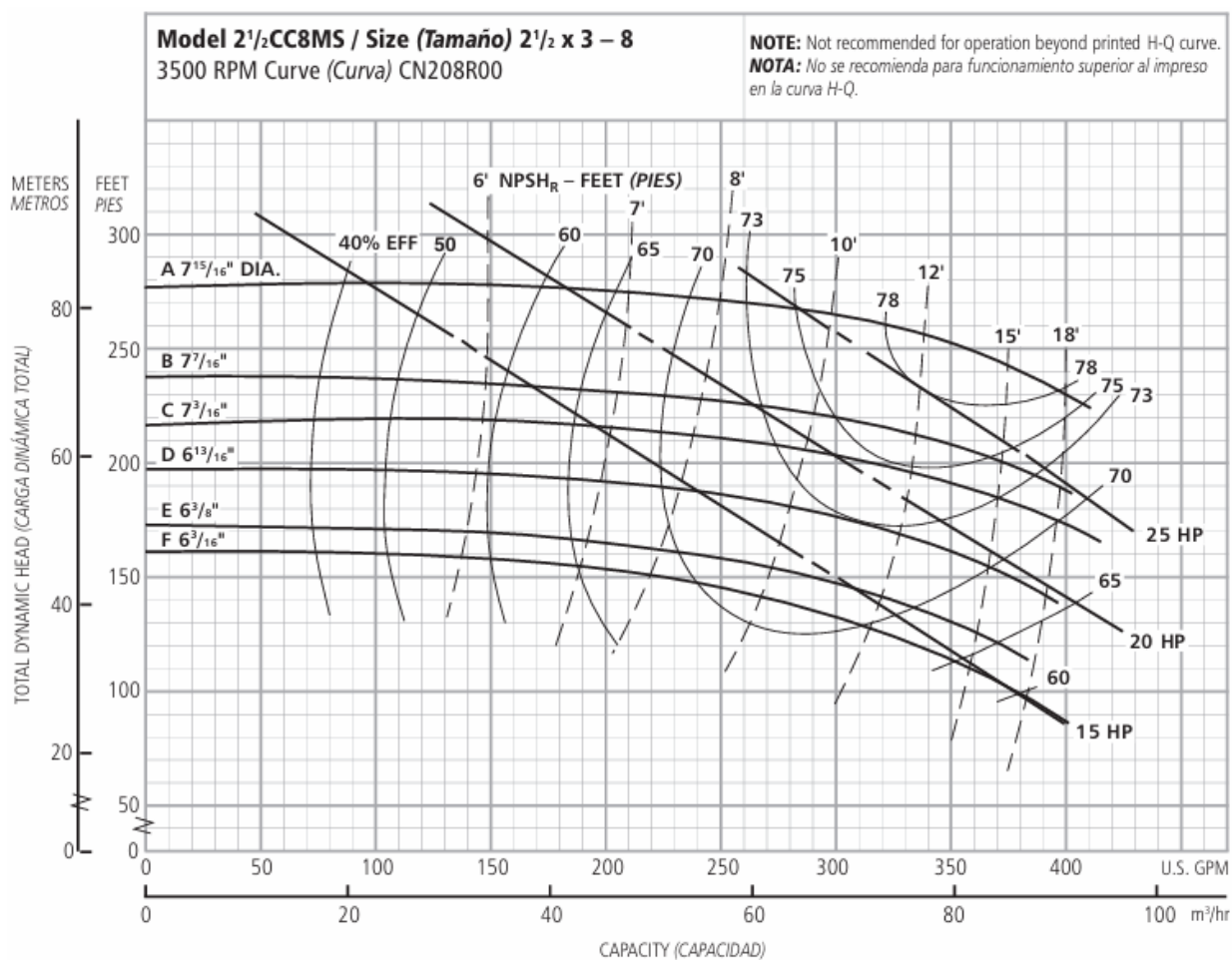
 Caudal de bombeo

 Qb 72.29 m<sup>3</sup>/h
 

---

Elaborado por: los autores

### Figura 59

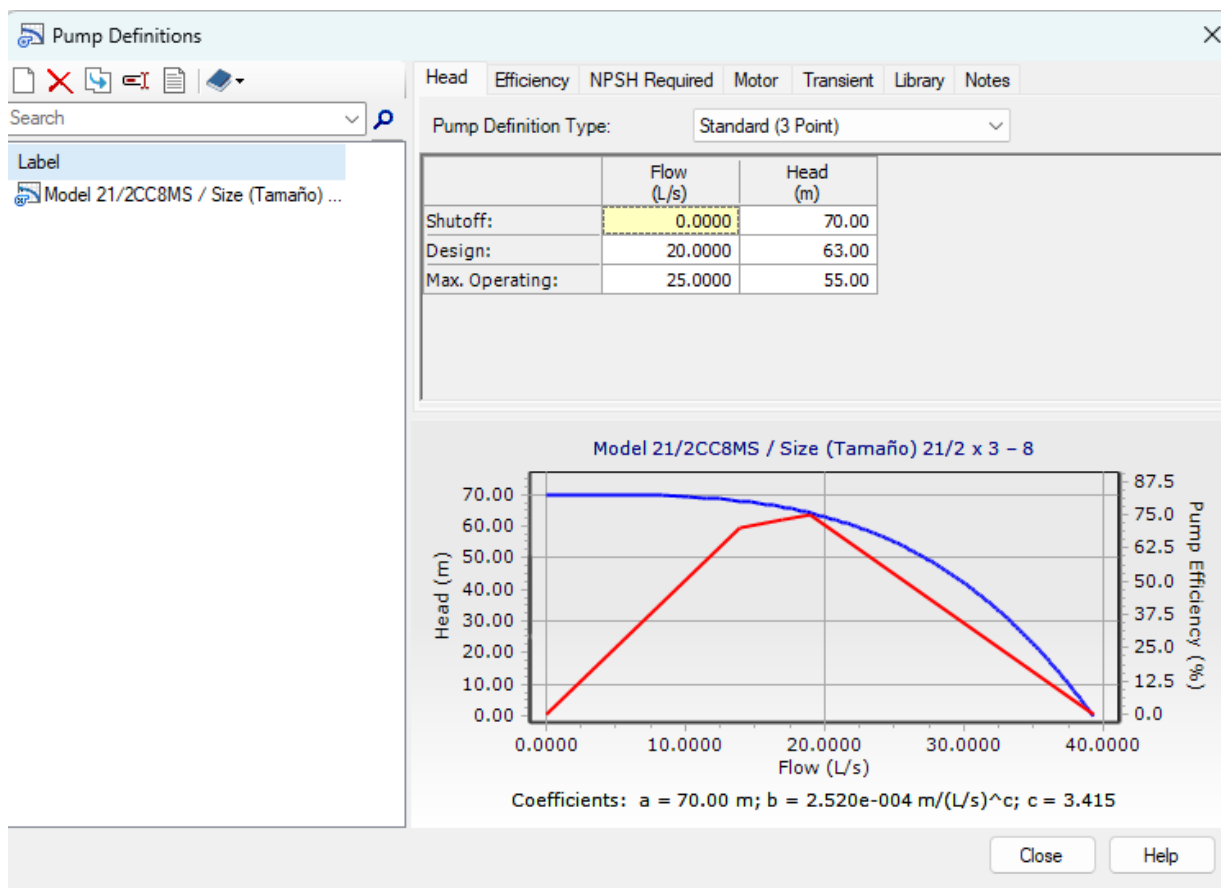
*Bomba escogida para el diseño*


Elaborado por: los autores



**Figura 60**

*Configuración de la bomba en WaterGEMS*



Elaborado por: los autores

## 8. Conclusión

La evaluación de la línea de conducción, la planta de tratamiento y la red de distribución, considerando las curvas de consumo de cada sector, evidenció deficiencias significativas en la operación del sistema. Se registraron presiones inferiores a 10 m.c.a. en varios nodos, velocidades por debajo de 0.45 m/s, lo que compromete seriamente la continuidad y calidad del servicio en las zonas topográficamente elevadas.

Estos resultados se relacionan con el consumo excesivo registrado en los sectores de Churuguzo, Santa Lucrecia y San José, donde se presume que el agua está siendo utilizada para actividades no domésticas como riego o ganadería. Estas inconsistencias provocan afectaciones en sectores más altos como Morascalle, Tañiloma, Zona Franca y La Cofradia, los cuales presentan presiones de hasta -19 m.c.a. en simulaciones estáticas y -400 m.c.a. en simulaciones en periodo extendido, con velocidades nulas de 0 m/s.

Para mitigar las presiones y velocidades críticas en la red, se planteó una propuesta de mejora que incluye la instalación de válvulas PRV, el cambio de diámetros en ciertos tramos de tubería, y la incorporación de nuevas líneas de conducción. Con esta propuesta, las presiones en los sectores más críticos se elevan a un rango entre 5 y 14 m.c.a., y la velocidad mínima alcanza 0.01 m/s, lo que representa una mejora significativa respecto al escenario actual. La comparación entre los escenarios modelados permite prever que, al implementar estas soluciones, se logrará un abastecimiento más eficiente y constante en las zonas más afectadas.

## 9. Referencial bibliográficas

- Abad, I., & Zhicay, J. (2025). *Evaluación y repotenciación del sistema de captación y línea de conducción de agua cruda*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/29847>
- AEC solutions. (2025). *WaterGEMS / AEC Solutions*.  
<https://aecolutions.pe/software/watergems/>
- Alegría, A. R., Cristian, G., Suárez, G., & Peláez, E. (2019). *Proyecciones de población de áreas menores: el caso de las proyecciones comunales en Chile para 2002-2035*. 16, 126–155. <https://doi.org/10.31406/relap2022.v16.i1.n30.5>
- AM GROUP. (2025). *Cómo funciona una red de abastecimiento de agua potable | AM Group*. <https://www.aristegui.info/como-funciona-una-red-de-abastecimiento-de-agua-potable/>
- Arcentales Auquilla, V. (2025). *UEVALUACIÓN Y REPOTENCIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE IRQUIS VICTORIA DEL PORTETE Y TARQUI*.
- Arellano, A., Bayas, A., Meneses, A., Castillo, T., Arellano, A., Bayas, A., Meneses, A., & Castillo, T. (2018). Los consumos y las dotaciones de agua potable en poblaciones ecuatorianas con menos de 150 000 habitantes. *Revista Digital Novasinerгия*, 1(1), 23–32. <https://doi.org/10.37135/UNACH.NS.001.01.03>
- Autónoma de Aguascalientes México Gil Antonio, U., de los Ángeles, M., Hernández, R., Mireles, M., Ernesto, L., & Benavides, C. (n.d.). *Investigación y Ciencia*. Retrieved March 11, 2025, from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67435407008>

- Ayuda en Acción. (2023). *El agua potable es un privilegio en Ecuador / Día Mundial del Agua - Ayuda en Acción Ecuador*. <https://ayudaenaccion.ec/actualidad/agua-potable-privilegio-ecuador-dia-mundial-agua/>
- Baca, J. O. (2015). *Análisis y elaboración del catastro de la infraestructura actual del agua potable y alcantarillado en la ciudad de Méndez-cantón Santiago*. Universidad Católica de Cuenca. Carrera de Ingeniería Civil.  
<https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/1795>
- Cabello, B., Jessica, J., Marchena, M., & Juan, H. (2024). Modelo de proyección poblacional con series de tiempo difusas. *Repositorio Institucional - UNS*.  
<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4612>
- Cohima(Consultoría en Hidrología, H. y M. A. (2024). *¿Cómo calcular la dotación de agua actual y futura? - Cohima*. <https://cohima.com.mx/como-calculiar-la-dotacion-de-agua-actual-y-futura/>
- Comisión nacional de agua. (n.d.). *Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable*. Retrieved March 23, 2025, from [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)
- CONAGUA. (n.d.). *Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable*.  
[www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)
- Escolero, O., Kralisch, S., Martínez, S. E., & Perevochtchikova, M. (2016). Diagnóstico y análisis de los factores que influyen en la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable a la Ciudad de México, México. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 68(3), 409–427.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-33222016000300409&Ing=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222016000300409&Ing=es&nrm=iso&tlng=es)

ETAPA EP. (2025). *ETAPA EP - Servicios de Telefonía, Televisión, Internet, Agua Potable, Alcantarillado de Cuenca - Ecuador > Principal > Agua potable > Operación y Mantenimiento > Plantas de potabilización.*

<https://webnueva.etapa.net.ec/principal/agua-potable/operacion-y-mantenimiento/plantas-de-potabilizacion>

García, C. J. E., & Álvarez, Á. M. (2021). *Repotenciación del sistema de agua potable que servirá para mejorar la calidad de vida, de los habitantes de la comuna Río Muchacho -San Vicente.* <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2952>

García, M. (2006). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA CIVIL INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS ESPECIALIDAD HIDROLOGÍA MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE REDES HIDRÁULICAS A PRESIÓN MEDIANTE HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS MARÍA DEL MAR GARCÍA ALCARAZ.*

Geoportal del Agro Ecuatoriano. (2023). *Ministerio de Agricultura Y Ganadería.* <http://geoportal.agricultura.gob.ec/>

Goulds Pumps. (n.d.). *End Suction Pump from China, End Suction Pump Manufacturer & Supplier - HUNAN SANCHANG PUMP CO.,LTD.* Retrieved July 8, 2025, from [https://www.cnsanchang.com/End-Suction-Pump-pl46114497.html?gad\\_source=1&gad\\_campaignid=22714571246&gbraid=0AAAABAJUxkwWzY6eyFIBJ4GaTYJgNdLPB&gclid=CjwKCAjwprjDBhBTEiwA1m1d0iARRG9NsEEU0Oi\\_Z0ltqLuM8-N5xxWMeDUkgdFmSWhA7\\_as-bzHXiBoCjIUQAvD\\_BwE](https://www.cnsanchang.com/End-Suction-Pump-pl46114497.html?gad_source=1&gad_campaignid=22714571246&gbraid=0AAAABAJUxkwWzY6eyFIBJ4GaTYJgNdLPB&gclid=CjwKCAjwprjDBhBTEiwA1m1d0iARRG9NsEEU0Oi_Z0ltqLuM8-N5xxWMeDUkgdFmSWhA7_as-bzHXiBoCjIUQAvD_BwE)

- Granda, E. F. (2020). Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable del centro poblado Muña Alta, distrito de Yaután, provincia de Casma, región Áncash y su incidencia en su condición sanitaria – 2019. *Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote*. <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/16543>
- Iglesias, M. S. (n.d.). *Características de la Red de Distribución de Agua Potable - EADIC*. Retrieved March 12, 2025, from <https://eadic.com/blog/entrada/caracteristicas-de-la-red-de-distribucion-de-agua-potable/>
- INEC. (2022). *Reporte Power BI*. <https://cubos.inec.gob.ec/AppCensoEcuador/>
- Ingeniería civil. (2013). *Red de Distribución de Agua Potable: ¿Abierta o Cerrada? | Tutoriales al Día - Ingeniería Civil*. <https://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/red-de-distribucion-de-agua-potable-abierta-o-cerrada/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2022). *A escala nacional el acceso a servicios básicos en el Ecuador revela un progreso gradual - Censo Ecuador*. <https://www.censoecuador.gob.ec/a-escala-nacional-el-acceso-a-servicios-basicos-en-el-ecuador-revela-un-progreso-gradual/>
- Josías, B., Almaster, B., Santiago, I. M. S., & Casas Luna, A. (n.d.). *FACULTAD DE ECOLOGÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Eficiencia del diseño y simulación hidráulica con Watercad de la Red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana Para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario*. Retrieved June 29, 2025, from <https://orcid.org/0000-0003-3755-4093>
- Junta Administradora de Agua Victoria del Portete y Tarqui. (2022). *Consultoría consumo de agua Victoria del Portete y Tarqui*.

- Junta Administradora de Agua Victoria del Portete y Tarqui. (2025). *Catastro de USUARIOS*.
- María Gabriela Zúñiga, Melany Avilés, Adrián Lamiña, & Carlos Izurieta. (2024). *Vista de Estudio del comportamiento del consumo horario residencial de agua potable en el cantón Guano parroquia el Rosario*. 19–20.  
<https://novasinergia.unach.edu.ec/index.php/novasinergia/article/view/549/416>
- Norma CO 10.7-602. (n.d.). *Sistema de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural*.
- Ordóñez, F. (2007). *DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL SISTEMA REGIONAL TARQUI VICTORIA DEL PORTETE*.
- Ortega Aranda, B. A., & Tejedor De León, E. G. (2022). *Estadística descriptiva básica aplicada a la Educación Física*. 1–111. <https://www.academia.edu/>
- Pacheco, A., Thalía, Lady, Mullo, V., Pilar, L., Jefferson, I., Porras, A., & Sc, R. M. (2022). *Desarrollo de un sistema para el análisis de precios unitarios de obras electromecánicas*. Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).  
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9694>
- Paredes Ponluisa, E. M. (2020). *Estudio y diseño de la red de conducción, almacenamiento y distribución de agua potable en la comunidad de Rumichaca perteneciente a la parroquia el Rosario del cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/31271>

- Pila, P. (2018). Eutopía, Revista de Desarrollo Económico Territorial. *Eutopía. Revista de Desarrollo Económico Territorial*, 13, 71–88.  
<https://doi.org/10.17141/EUTOPIA.13.2018.3288>
- Plastigama. (n.d.). *TUBERÍAS DE PRESIÓN EC Y UZ TUBERÍA DE POLIETILENO PARA USO AGRÍCOLA ACUA-FLEX TUBERÍA PVC BIORIENTADO BIAx NOVARIEGO NOVARIEGO GRANDES DIÁMETROS*.
- Rafael Peña Sánchez, A., Jiménez García José Ruiz Chico, M., Branco, A., Manuel Parejo Moruno, F., Carlos Lopes, J., & Francisco Rangel, J. (2016). *La disminución del consumo de agua urbano-turística en la costa de Alicante (España): Una amalgama de causas múltiples e interrelacionadas*. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/59026>
- Resultados - Censo Ecuador*. (n.d.). Retrieved February 25, 2025, from <https://www.censoecuador.gob.ec/resultados-censo/>
- Saldarriaga, J. (2007). *Hidráulica de tuberías abastecimiento de agua, redes, riegos* (L. J. Builtrago, Ed.).
- SENAGUA. (2016). *NORMA CO 10.7 – 602, Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*.
- Técnicas de Muestreo y Tama Ñ o de Muestra Cantoni | PDF | Muestreo (Estadísticas) | Probabilidad*. (n.d.). Retrieved July 8, 2025, from <https://es.scribd.com/document/264973454/Tecnicas-de-muestreo-y-tama-A-o-de-muestra-Cantoni>



Torres, D. A. (2011). Tasas de crecimiento poblacional (r): Una mirada desde el modelo matemático lineal, geométrico y exponencial. *CIDE Digital*, 143–162.

<https://revistas.upr.edu/index.php/cidedigital/article/view/11774>

Universidad del Azuay. (n.d.). *Información Espacial para Aplicaciones Agropecuarias / Ecuador*. Retrieved July 4, 2025, from

<https://gis.uazuay.edu.ec/descargas/promsa/ecuador.htm>

Vidal, N. (2023). *PLAN DE TRABAJO DE LAS CONCEJALIAS DEL DISTRITO SUR DEL CANTÓN CUENCA 2023-2027*. <http://internationalliving.com/2010/04/cuenca-ecuador-ils-no-1-retirement-haven/>

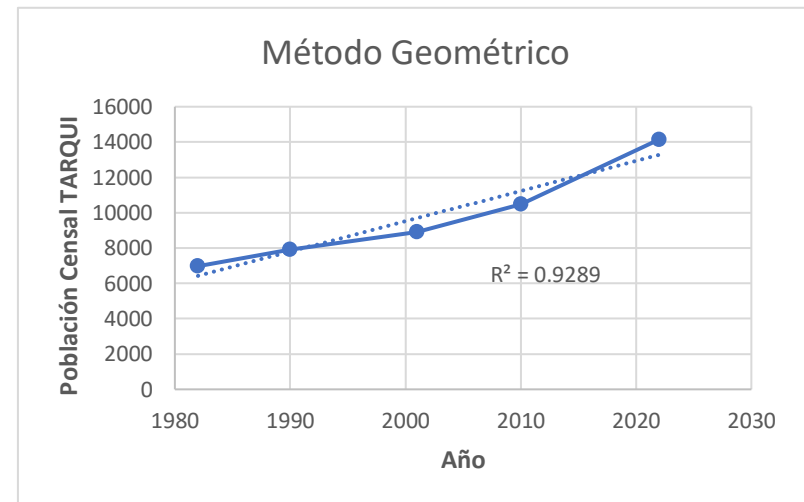
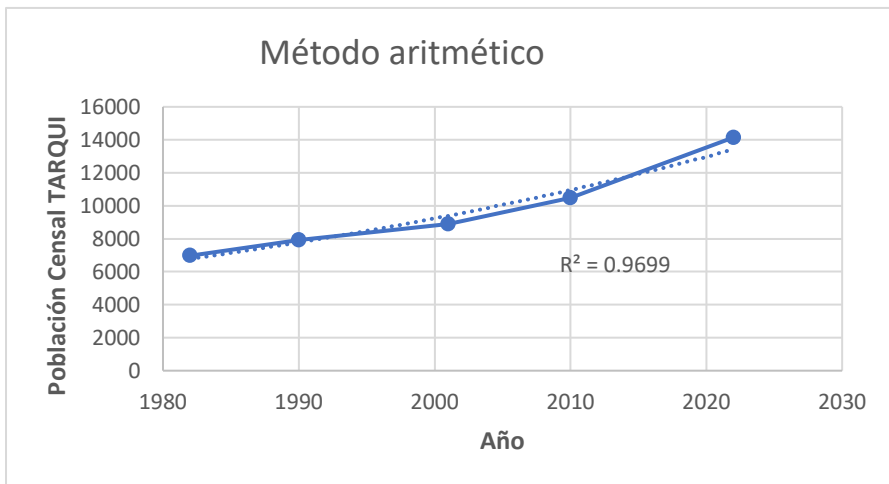
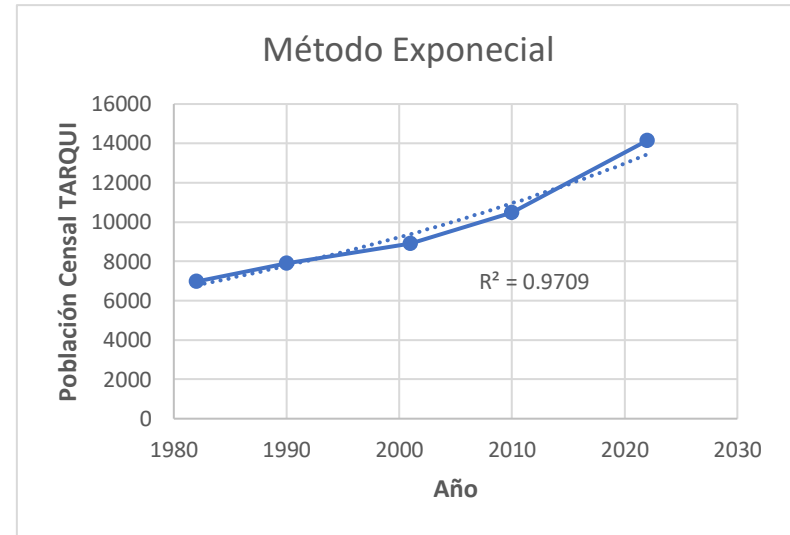
Zaldívar, R., Águila, D., & Duffóo Sánchez, V. (2021). Dos Siglos Sin Ti: La falta de un verdadero catastro en el Perú y sus consecuencias. *Forseti. Revista de Derecho*, 10(14), 72–110. <https://doi.org/10.21678/FORSETI.V10I14.1637>

**Anexos**

*Anexo 1*

Proyección poblacional Tarqui

Datos	
Año	Población Tarqui
1982	6972
1990	7910
2001	8902
2010	10490
2022	14144



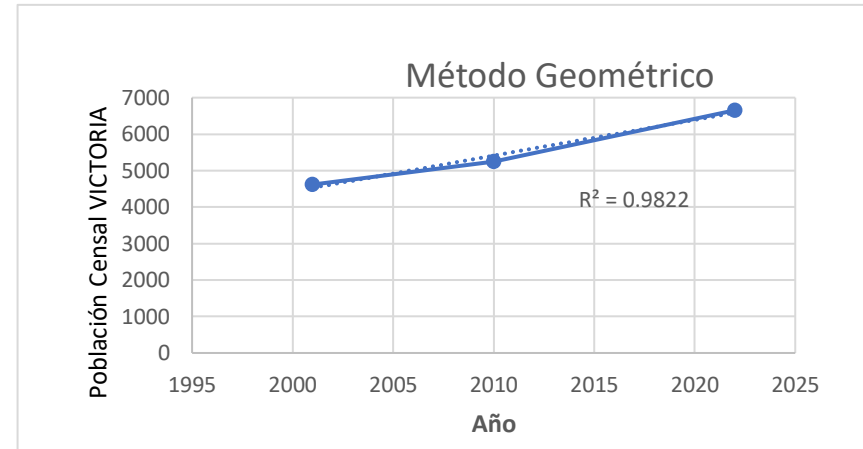
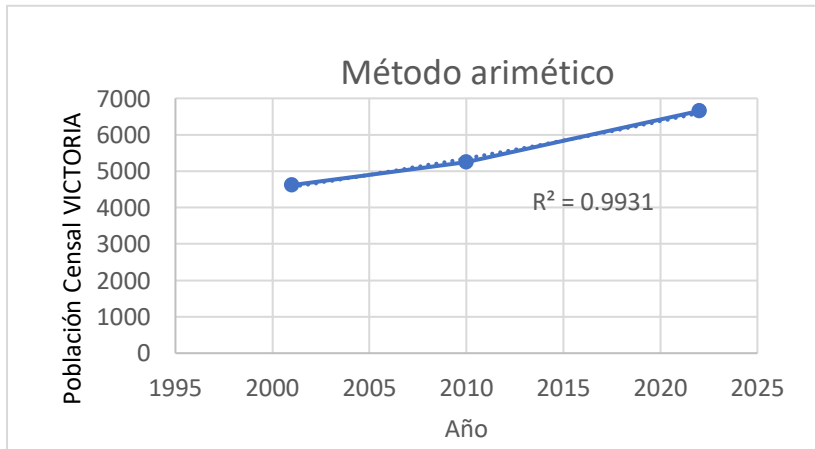
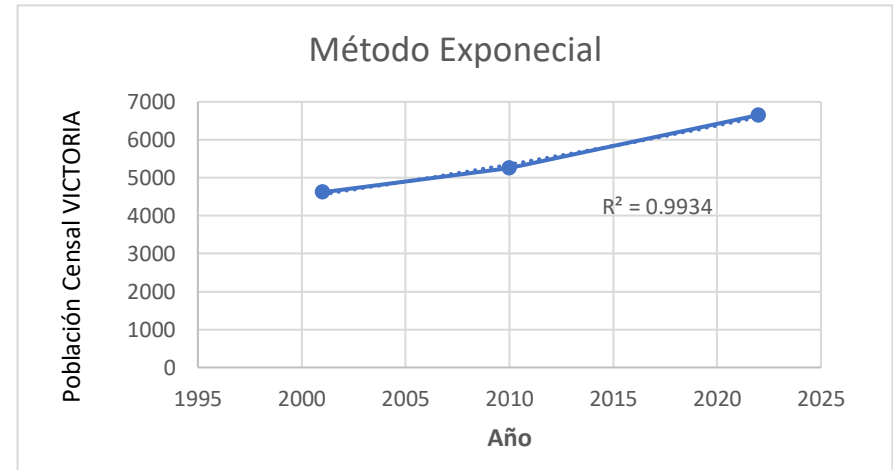
<b>1. Tasa de crecimiento método aritmético</b>			
<b>Años</b>	<b>N</b>	<b>r</b>	<b>%r</b>
1982-1990	8	0.017	1.682%
1990-2001	11	0.011	1.140%
2001-2010	9	0.020	1.982%
2010-2022	12	0.029	2.903%
		<b>Promedio</b>	<b>1.927%</b>
<b>Tasa de crecimiento</b>			
R	0.019		
R	1.927%		

<b>3 Tasa de crecimiento método exponencial</b>			
<b>Años</b>	<b>n</b>	<b>r</b>	<b>%r</b>
1982-1990	8	0.016	1.578%
1990-2001	11	0.011	1.074%
2001-2010	9	0.018	1.824%
2010-2022	12	0.025	2.491%
		<b>Promedio</b>	<b>1.742%</b>
<b>Tasa de crecimiento</b>			
r	0.017		
r	1.742%		

<b>2. Tasa de crecimiento método geométrico</b>			
<b>Años</b>	<b>N</b>	<b>r</b>	<b>%r</b>
1982-1990	8	0.016	1.590%
1990-2001	11	0.011	1.080%
2001-2010	9	0.018	1.841%
2010-2022	12	0.025	2.522%
		<b>Promedio</b>	<b>1.758%</b>
<b>Tasa de crecimiento</b>			
R	0.018		
R	1.758%		

Proyección poblacional Victoria Del Portete

Datos	
Año	Población Victoria
2001	4617
2010	5251
2022	6654



<b>1. Tasa de crecimiento método aritmético</b>			
<b>Años</b>	<b>N</b>	<b>r</b>	<b>%r</b>
2001-2010	9	0.015	1.526%
2010-2022	12	0.022	2.227%
		<b>Promedio</b>	<b>1.876%</b>
<b>Tasa de crecimiento</b>			
R	0.019		
R	1.876%		

<b>2. Tasa de crecimiento método geométrico</b>			
<b>Años</b>	<b>n</b>	<b>r</b>	<b>%r</b>
2001-2010	9	0.014	1.440%
2010-2022	12	0.020	1.993%
		<b>Promedio</b>	<b>1.716%</b>
<b>Tasa de crecimiento</b>			
R	0.017		
R	1.716%		

<b>3. Tasa de crecimiento método Exponencial</b>			
<b>Años</b>	<b>N</b>	<b>r</b>	<b>%r</b>
2001-2010	9	0.014	1.430%
2010-2022	12	0.020	1.973%
		<b>Promedio</b>	<b>1.702%</b>
<b>Tasa de crecimiento</b>			
R	0.017		

R	1.702%		

## Anexo 2

Lectura de los medidores

<b>Número de caja</b>							
	<b>D-049</b>	<b>IR-110</b>	<b>VC-012</b>	<b>VC-115</b>	<b>CH-104</b>	<b>SP-267</b>	<b>SP-232</b>
<b>Número de medidor</b>							
	920987	910732	911340	910804	910362	4833	911544
<b>Medición</b>	<b>Primera</b>						
<b>Hora</b>	<b>Consumo</b>						
<b>7:00:00</b>	1642.714	1280.266	2939.467	4103.65	7243.577	2577.83	3894.641
<b>8:00:00</b>	1642.714	1280.266	2939.467	4103.673	7243.586	2577.83	3894.645
<b>9:00:00</b>	1642.784	1280.286	2939.467	4103.709	7243.618	2577.83	3894.652
<b>10:00:00</b>	1642.785	1280.314	2939.467	4103.713	7243.713	2577.84	3894.749
<b>11:00:00</b>	1642.833	1280.391	2939.467	4103.744	7243.715	2577.86	3894.78
<b>12:00:00</b>	1642.835	1280.4	2939.467	4103.79	7243.768	2577.86	3894.788
<b>13:00:00</b>	1642.868	1280.447	2939.613	4103.821	7243.863	2577.86	3894.788
<b>14:00:00</b>	1642.873	1280.489	2939.626	4103.947	7244.001	2577.86	3894.788
<b>15:00:00</b>	1642.873	1280.489	2939.675	4104.021	7244.022	2577.86	3894.788
<b>16:00:00</b>	1642.873	1280.49	2939.705	4104.035	7244.063	2577.86	3894.788
<b>17:00:00</b>	1642.873	1280.49	2939.705	4104.066	7244.172	2577.86	3894.788

<b>18:00:00</b>	1642.873	1280.49	2939.705	4104.096	7244.179	2578.35	3894.788
<b>19:00:00</b>	1642.873	1280.49	2939.705	4104.36	7244.184	2578.38	3894.788

<b>Número de caja</b>							
	<b>D-049</b>	<b>IR-110</b>	<b>VC-012</b>	<b>VC-115</b>	<b>CH-104</b>	<b>SP-267</b>	<b>SP-232</b>
<b>Número de medidor</b>							
	920987	910732	911340	910804	910362	4833	911544
<b>Numero de medición:</b>		<b>Segunda</b>					
<b>Hora</b>	<b>Consumo</b>						
<b>7:00:00</b>	1644.294	1281.921	2940.864	4108.195	7250.96	2579.12	3898.007
<b>8:00:00</b>	1644.304	1281.921	2940.864	4108.222	7251.025	2579.17	3898.007
<b>9:00:00</b>	1644.333	1281.954	2940.864	4108.232	7251.036	2579.19	3898.018
<b>10:00:00</b>	1644.334	1281.954	2940.864	4108.249	7251.054	2579.24	3898.029
<b>11:00:00</b>	1644.385	1281.958	2940.864	4108.27	7251.06	2579.26	3898.03
<b>12:00:00</b>	1644.412	1281.978	2940.864	4108.27	7251.06	2579.28	3898.122
<b>13:00:00</b>	1644.451	1282.059	2940.864	4108.299	7251.128	2579.34	3898.339
<b>14:00:00</b>	1644.457	1282.099	2940.864	4108.321	7251.165	2579.37	3898.598
<b>15:00:00</b>	1644.535	1282.115	2940.895	4108.324	7251.179	2579.37	3898.625
<b>16:00:00</b>	1644.538	1282.137	2940.995	4108.396	7251.259	2579.41	3898.926
<b>17:00:00</b>	1644.593	1282.138	2940.995	4108.404	7251.395	2579.45	3898.976
<b>18:00:00</b>	1644.609	1282.138	2940.995	4108.476	7251.621	2579.47	3898.976

<b>19:00:00</b>	1644.671	1282.138	2940.995	4108.564	7251.621	2579.47	3898.976
-----------------	----------	----------	----------	----------	----------	---------	----------



<b>Número de caja</b>								
	ST-116	ST-251	SL-127	SL-098	TC-067	TC-181	RO-056	RO-036
<b>Número de medidor</b>								
	910301	944010	911591	910639	910543	910286	910200	910777
<b>Medición</b>	<b>Primera</b>							
<b>Hora</b>	<b>Consumo</b>							
<b>7:00:00</b>	1816.238	5753.091	4303.633	1630.81	3762.943	5138.859	1218.035	1462.113
<b>8:00:00</b>	1816.301	5753.113	4303.829	1630.832	3763.022	5138.948	1218.035	1462.113
<b>9:00:00</b>	1816.321	5753.226	4303.904	1630.836	3763.029	5138.958	1218.035	1462.114
<b>10:00:00</b>	1816.336	5753.269	4303.912	1630.83	3763.032	5138.962	1218.035	1462.116
<b>11:00:00</b>	1816.377	5753.29	4303.931	1630.835	3763.046	5139.015	1218.035	1462.293
<b>12:00:00</b>	1816.448	5754.311	4303.94	1630.837	3763.046	5139.069	1218.035	1462.299
<b>13:00:00</b>	1816.799	5754.554	4303.949	1630.832	3763.046	5139.072	1218.035	1462.475
<b>14:00:00</b>	1816.884	5754.631	4303.961	1630.832	3763.068	5139.079	1218.035	1462.479
<b>15:00:00</b>	1816.916	5754.675	4303.967	1630.832	3763.108	5139.093	1218.035	1462.511
<b>16:00:00</b>	1816.948	5754.708	4303.968	1630.936	3763.15	5139.105	1218.035	1462.511
<b>17:00:00</b>	1816.963	5754.719	4303.983	1631	3763.259	5139.17	1218.035	1462.547
<b>18:00:00</b>	1816.97	5754.727	4304.036	1631.065	3763.259	5139.18	1218.035	1462.555
<b>19:00:00</b>	1816.977	5754.745	4304.037	1631.075	3763.412	5139.209	1218.035	1462.579

<b>Número de caja</b>								
	ST-116	ST-251	SL-127	SL-098	TC-067	TC-181	RO-056	RO-036
<b>Número de medidor</b>								
	910301	944010	911591	910639	910543	910286	910200	910777
<b>Medición</b>		<b>Segunda</b>						
<b>Hora</b>	<b>Consumo</b>							
<b>7:00:00</b>	1817.577	5756.236	4305.339	1632.264	3764.372	5139.767	1218.223	1464.05
<b>8:00:00</b>	1817.632	5756.379	4305.451	1632.29	3764.374	5139.767	1218.223	1464.156
<b>9:00:00</b>	1818.175	5756.438	4305.745	1632.326	3764.422	5139.775	1218.223	1464.341
<b>10:00:00</b>	1818.394	5756.686	4305.756	1632.576	3764.44	5139.775	1218.24	1464.341
<b>11:00:00</b>	1818.436	5756.759	4305.757	1632.576	3764.446	5139.775	1218.24	1464.525
<b>12:00:00</b>	1818.437	5756.948	4305.776	1632.577	3764.465	5139.806	1218.24	1464.525
<b>13:00:00</b>	1818.573	5757.064	4305.776	1632.588	3764.505	5139.828	1218.24	1464.527
<b>14:00:00</b>	1818.677	5757.202	4305.776	1632.65	3764.514	5139.855	1218.24	1464.527
<b>15:00:00</b>	1819.225	5757.445	4305.776	1632.677	3764.522	5139.879	1218.24	1464.553
<b>16:00:00</b>	1819.314	5757.515	4305.856	1632.723	3764.531	5139.902	1218.24	1464.613
<b>17:00:00</b>	1819.396	5757.549	4305.888	1632.82	3764.539	5139.994	1218.24	1464.619
<b>18:00:00</b>	1819.432	5757.586	4305.896	1632.826	3764.551	5140.004	1218.24	1464.622
<b>19:00:00</b>	1819.441	5757.605	4305.921	1632.828	3764.567	5140.055	1218.24	1464.713

<b>Número de caja</b>						
	LC-011	ZF-09	ZF-018	M-004	CF-0012	SJ-120.1
<b>Número de medidor</b>						
	917984	6326	12085214	32553	31271	2215042270
<b>Medición</b>		<b>Primera</b>				
<b>Hora</b>	<b>Consumo</b>					
<b>7:00:00</b>	2154.301	00701.958	01293.028	1551.1	0601.25	2702.55
<b>8:00:00</b>	2154.421	00701.961	01293.028	1551.25	0601.25	2702.562
<b>9:00:00</b>	2154.557	00701.961	01293.028	1551.26	0601.25	2702.61
<b>10:00:00</b>	2154.558	00701.968	01293.028	1551.36	0601.53	2702.7
<b>11:00:00</b>	2154.999	00701.970	01293.028	1551.56	0601.54	2702.755
<b>12:00:00</b>	2155.096	00701.970	01293.028	1551.57	0601.62	2702.756
<b>13:00:00</b>	2155.194	00701.986	01293.028	1551.58	0601.62	2702.765
<b>14:00:00</b>	2155.275	00702.018	01293.028	1551.62	0602.00	2702.778
<b>15:00:00</b>	2155.354	00702.041	01293.029	1551.63	0602.00	2702.786
<b>16:00:00</b>	2155.461	00702.041	01293.029	1551.66	0602.01	2702.82
<b>17:00:00</b>	2155.693	00702.057	01293.029	1551.66	0602.01	2702.82
<b>18:00:00</b>	2155.739	00702.058	01293.029	1551.72	0602.01	2702.902
<b>19:00:00</b>	2155.806	00702.070	01293.029	1551.78	0602.09	2702.957

<b>Número de caja</b>						
	LC-011	ZF-09	ZF-018	M-004	CF-0012	SJ-120.1
<b>Número de medidor</b>						
	917984	6326	12085214	32553	31271	2215042270
<b>Medición</b>	<b>Segunda</b>					
<b>Hora</b>	<b>Consumo</b>					
<b>7:00:00</b>	2165.406	00704.300	01296.180	1559.45	0602.01	2717.726
<b>8:00:00</b>	2165.556	00704.306	01296.203	1559.69	0602.01	2717.742
<b>9:00:00</b>	2165.7	00704.317	01296.213	1559.77	0602.01	2718.02
<b>10:00:00</b>	2165.801	00704.317	01296.213	1559.77	0602.01	2718.017
<b>11:00:00</b>	2166.161	00704.387	01296.330	1559.78	0602.01	2718.162
<b>12:00:00</b>	2166.369	00704.533	01296.330	1559.82	0602.20	2718.277
<b>13:00:00</b>	2166.424	00704.533	01296.330	1559.84	0602.25	2718.277
<b>14:00:00</b>	2166.501	00704.533	01296.330	1559.87	0602.25	2718.392
<b>15:00:00</b>	2166.634	00704.533	01296.330	1559.9	0602.25	2718.506
<b>16:00:00</b>	2166.946	00704.601	01296.330	1559.92	0602.25	2718.621
<b>17:00:00</b>	2167.272	00704.775	01296.330	1559.95	0602.50	2719.006
<b>18:00:00</b>	2167.503	00704.785	01296.330	1559.98	0602.53	2719.105
<b>19:00:00</b>	2167.812	00704.812	01296.330	1560.07	0602.57	2719.2

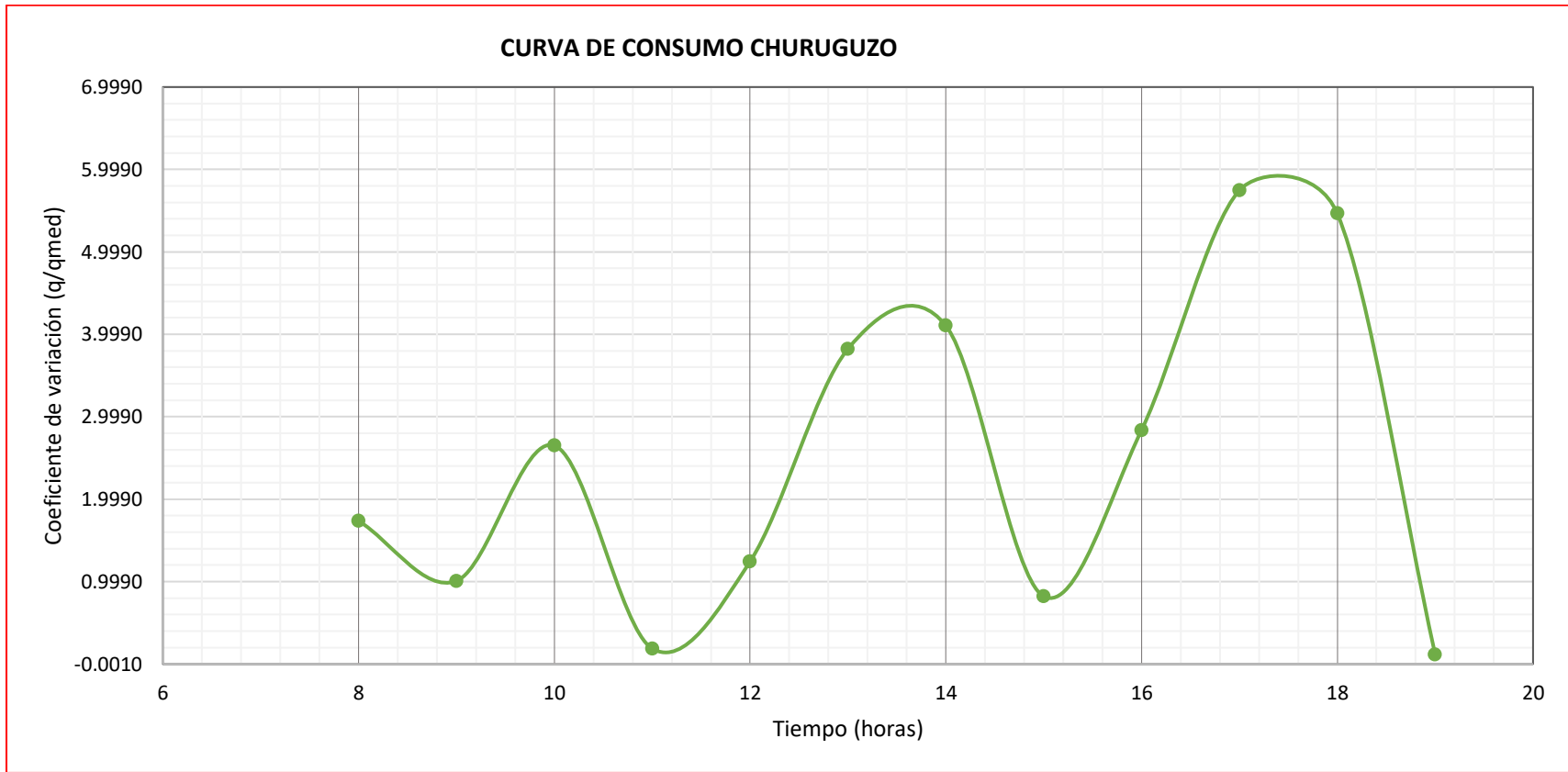
### Anexo 3

Curva de consumo

Churuguzo

Usuario		N° Caja
Clever Esteban Alvarez Alvarez		CH-104
Sector	Churuguzo	
Personas	540	Hab
Dotación	127.91	l/hab/d
Qmd	0.006	l/s

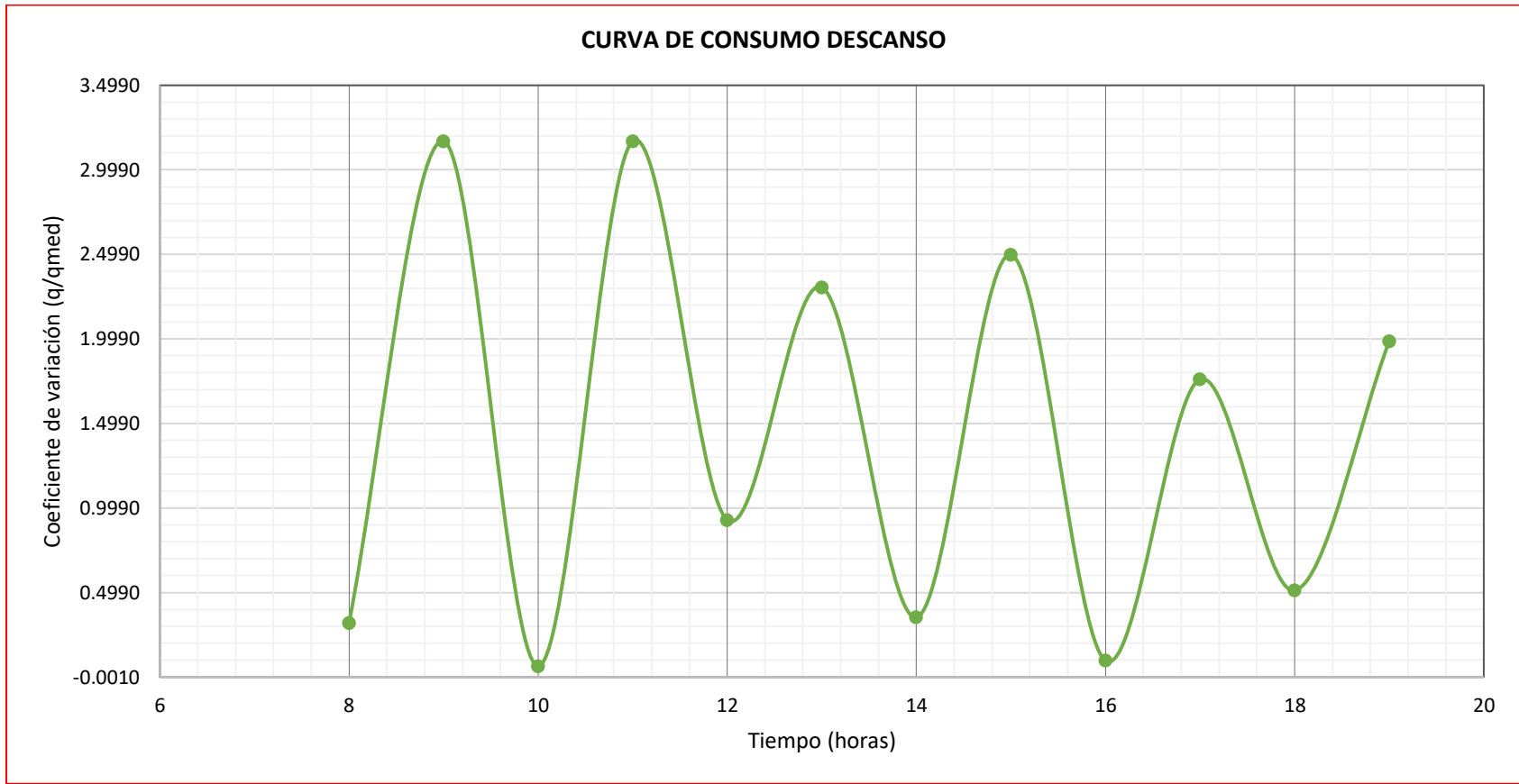
HORA	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)	Am1	Am2	Am3	Av(l)	At(h)	At(min)	At (seg)	q(l/s)	q/Qmd
7	7243.577	7250.96	0	0	0	0	0.00	0	0	0.0000	0.00
8	7243.586	7251.025	0.009	0.065	0.037	37	1.00	60	3600	0.0103	1.7356
9	7243.618	7251.036	0.032	0.011	0.0215	21.5	1.00	60	3600	0.0060	1.0085
10	7243.713	7251.054	0.095	0.018	0.0565	56.5	1.00	60	3600	0.0157	2.6503
11	7243.715	7251.06	0.002	0.006	0.004	4	1.00	60	3600	0.0011	0.1876
12	7243.768	7251.06	0.053	0	0.0265	26.5	1.00	60	3600	0.0074	1.2431
13	7243.863	7251.128	0.095	0.068	0.0815	81.5	1.00	60	3600	0.0226	3.8230
14	7244.001	7251.165	0.138	0.037	0.0875	87.5	1.00	60	3600	0.0243	4.1044
15	7244.022	7251.179	0.021	0.014	0.0175	17.5	1.00	60	3600	0.0049	0.8209
16	7244.063	7251.259	0.041	0.08	0.0605	60.5	1.00	60	3600	0.0168	2.8379
17	7244.172	7251.395	0.109	0.136	0.1225	122.5	1.00	60	3600	0.0340	5.7462
18	7244.179	7251.621	0.007	0.226	0.1165	116.5	1.00	60	3600	0.0324	5.4648
19	7244.184	7251.621	0.005	0	0.0025	2.5	1.00	60	3600	0.0007	0.1173



## El Descanso

Usuario		N° Caja
Fabiola de Jesús Paute		D-049
Sector	Descanso	
Personas	208	Hab
Dotación	93.73	l/hab/d
Qmd	0.004	l/s

HORA	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)	Am1	Am2	Am3	Av(l)	At(h)	At(min)	At (seg)	q(l/s)	q/Qmd
7	1642.714	1644.294	0	0	0	0	0.00	0	0	0.0000	0.00
8	1642.714	1644.304	0	0.01	0.005	5	1.00	60	3600	0.0014	0.3201
9	1642.784	1644.333	0.07	0.029	0.0495	49.5	1.00	60	3600	0.0138	3.1687
10	1642.785	1644.334	0.001	0.001	0.001	1	1.00	60	3600	0.0003	0.0640
11	1642.833	1644.385	0.048	0.051	0.0495	49.5	1.00	60	3600	0.0137	3.1687
12	1642.835	1644.412	0.002	0.027	0.0145	14.5	1.00	60	3600	0.0040	0.9282
13	1642.868	1644.451	0.033	0.039	0.036	36	1.00	60	3600	0.0100	2.3045
14	1642.873	1644.457	0.005	0.006	0.0055	5.5	1.00	60	3600	0.0015	0.3521
15	1642.873	1644.535	0	0.078	0.039	39	1.00	60	3600	0.0108	2.4965
16	1642.873	1644.538	0	0.003	0.0015	1.5	1.00	60	3600	0.0004	0.0960
17	1642.873	1644.593	0	0.055	0.0275	27.5	1.00	60	3600	0.0076	1.7604
18	1642.873	1644.609	0	0.016	0.008	8	1.00	60	3600	0.0022	0.5121
19	1642.873	1644.671	0	0.062	0.031	31	1.00	60	3600	0.0086	1.9844

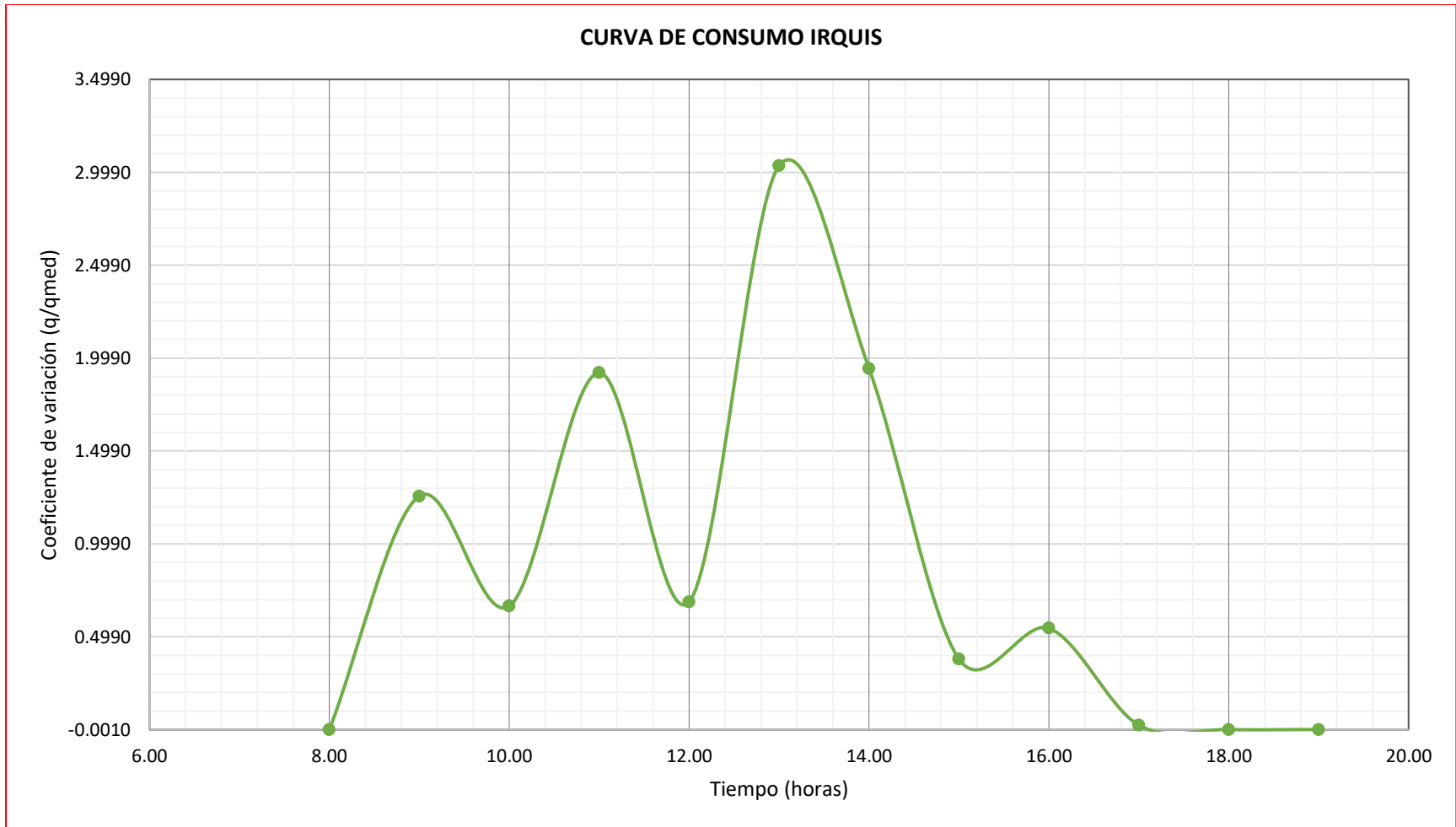




## Irkis

Usuario		N° Caja
Mario Francisco Castro Tapia		IR-110
Sector	Irkis	
Personas	504	hab
Dotación	126.55	l/hab/d
Qmd	0.006	l/s

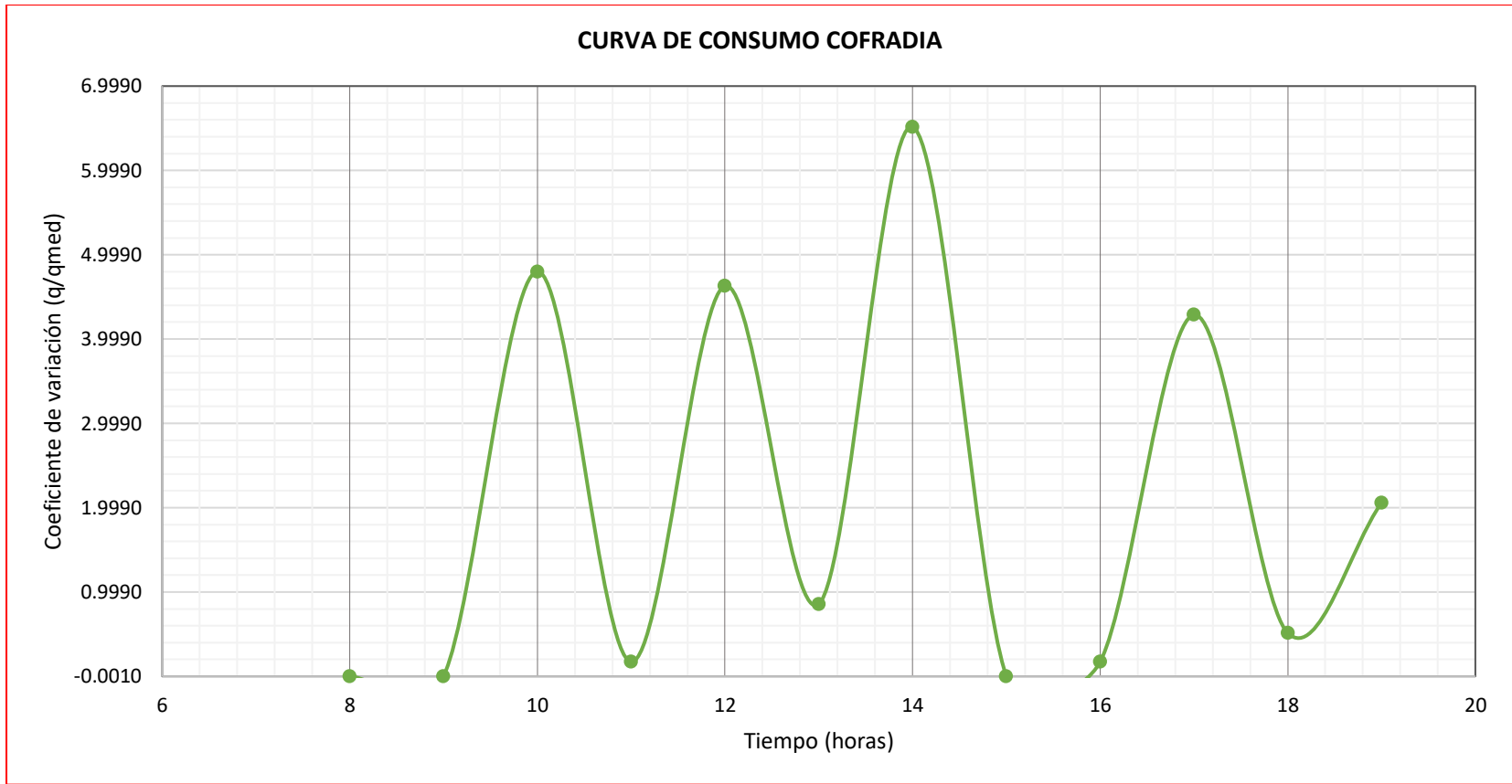
HORA	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)	Am1	Am2	Am3	Av(l)	At(h)	At(min)	At (seg)	q(l/s)	q/Qmd
7.00	1280.266	1281.921	0	0	0	0	0.00	0	0	0.0000	0.00
8.00	1280.266	1281.921	0	0	0	0	1.00	60	3600	0.0000	0.0000
9.00	1280.286	1281.954	0.02	0.033	0.0265	26.5	1.00	60	3600	0.0074	1.2564
10.00	1280.314	1281.954	0.028	0	0.014	14	1.00	60	3600	0.0039	0.6638
11.00	1280.391	1281.958	0.077	0.004	0.0405	40.5	1.00	60	3600	0.0113	1.9202
12.00	1280.4	1281.978	0.009	0.02	0.0145	14.5	1.00	60	3600	0.0040	0.6875
13.00	1280.447	1282.059	0.047	0.081	0.064	64	1.00	60	3600	0.0178	3.0344
14.00	1280.489	1282.099	0.042	0.04	0.041	41	1.00	60	3600	0.0114	1.9439
15.00	1280.489	1282.115	0	0.016	0.008	8	1.00	60	3600	0.0022	0.3793
16.00	1280.49	1282.137	0.001	0.022	0.0115	11.5	1.00	60	3600	0.0032	0.5452
17.00	1280.49	1282.138	0	0.001	0.0005	0.5	1.00	60	3600	0.0001	0.0237
18.00	1280.49	1282.138	0	0	0	0	1.00	60	3600	0.0000	0.0000
19.00	1280.49	1282.138	0	0	0	0	1.00	60	3600	0.0000	0.0000



## La Cofradia

Usuario		N° Caja
Jaime Lautaro		CF-0012
Sector	Las Colinas	
Personas	196	hab
Dotación	175	l/hab/d
Qmd	0.008	l/s

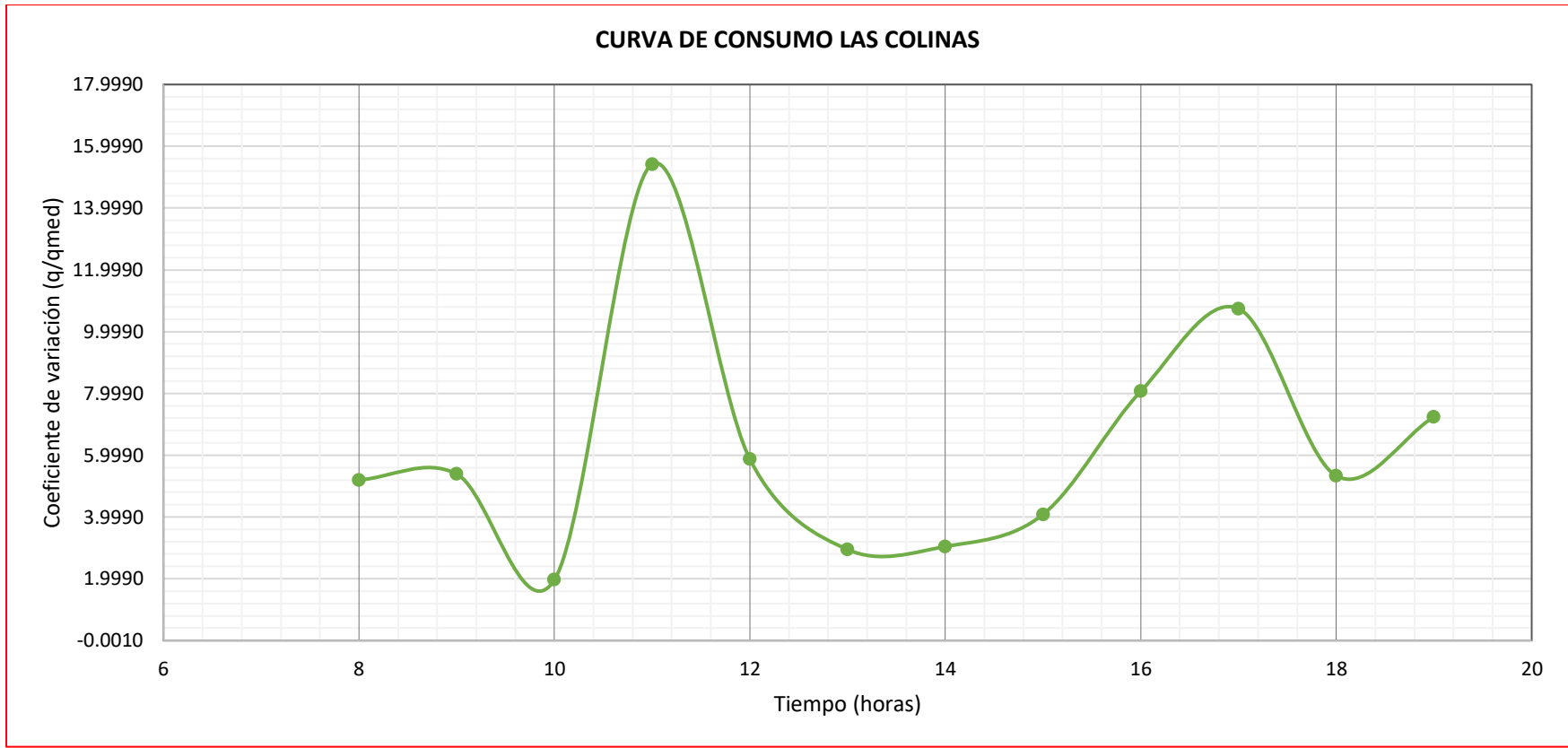
HORA	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)	Am1	Am2	Am3	Av(l)	At(h)	At(min)	At (seg)	q(l/s)	q/Qmd
7	0601.25	0602.01	0	0	0	0	0.00	0	0	0.0000	0.00
8	0601.25	0602.01	0	0	0	0	1.00	60	3600	0.0000	0.0000
9	0601.25	0602.01	0	0	0	0	1.00	60	3600	0.0000	0.0000
10	0601.53	0602.01	0.28	0	0.14	140	1.00	60	3600	0.0389	4.8000
11	0601.54	0602.01	0.01	0	0.005	5	1.00	60	3600	0.0014	0.1714
12	0601.62	0602.20	0.08	0.19	0.135	135	1.00	60	3600	0.0375	4.6286
13	0601.62	0602.25	0	0.05	0.025	25	1.00	60	3600	0.0069	0.8571
14	0602.00	0602.25	0.38	0	0.19	190	1.00	60	3600	0.0528	6.5143
15	0602.00	0602.25	0	0	0	0	1.00	60	3600	0.0000	0.0000
16	0602.01	0602.25	0.01	0	0.005	5	1.00	60	3600	0.0014	0.1714
17	0602.01	0602.50	0	0.25	0.125	125	1.00	60	3600	0.0347	4.2857
18	0602.01	0602.53	0	0.03	0.015	15	1.00	60	3600	0.0042	0.5143
19	0602.09	0602.57	0.08	0.04	0.06	60	1.00	60	3600	0.0167	2.0571



## Las Colinas

Usuario		N° Caja
Blanca Susana Ayabaca Quindi		LC-011
Sector	Las Colinas	
Personas	196	hab
Dotación	155.82	l/hab/d
Qmd	0.007	l/s

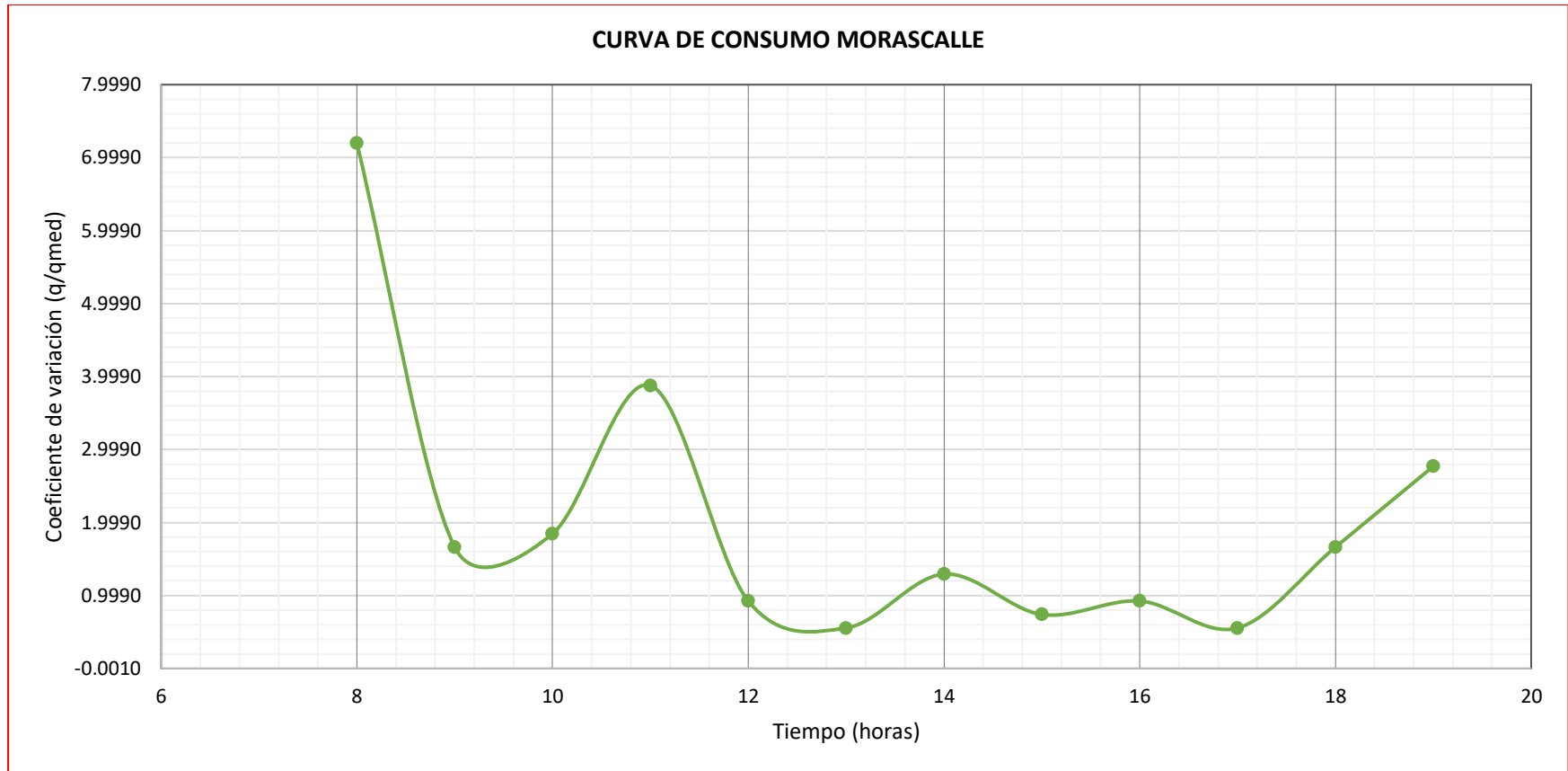
HORA	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)	Am1	Am2	Am3	Av(l)	At(h)	At(min)	At (seg)	q(l/s)	q/Qmd
7	2154.301	2165.406	0	0	0	0	0.00	0	0	0.0000	0.00
8	2154.421	2165.556	0.12	0.15	0.135	135	1.00	60	3600	0.0375	5.1983
9	2154.557	2165.7	0.136	0.144	0.14	140	1.00	60	3600	0.0389	5.3908
10	2154.558	2165.801	0.001	0.101	0.051	51	1.00	60	3600	0.0142	1.9638
11	2154.999	2166.161	0.441	0.36	0.4005	400.5	1.00	60	3600	0.1112	15.4216
12	2155.096	2166.369	0.097	0.208	0.1525	152.5	1.00	60	3600	0.0424	5.8722
13	2155.194	2166.424	0.098	0.055	0.0765	76.5	1.00	60	3600	0.0212	2.9457
14	2155.275	2166.501	0.081	0.077	0.079	79	1.00	60	3600	0.0219	3.0420
15	2155.354	2166.634	0.079	0.133	0.106	106	1.00	60	3600	0.0294	4.0816
16	2155.461	2166.946	0.107	0.312	0.2095	209.5	1.00	60	3600	0.0582	8.0670
17	2155.693	2167.272	0.232	0.326	0.279	279	1.00	60	3600	0.0775	10.7432
18	2155.739	2167.503	0.046	0.231	0.1385	138.5	1.00	60	3600	0.0385	5.3331
19	2155.806	2167.812	0.067	0.309	0.188	188	1.00	60	3600	0.0522	7.2391



## Morascalle

Usuario		N° Caja
Sabdra Guadalupe Merchan Cajamarca		M-004
Sector	Las Colinas	
Personas	196	hab
Dotación	162.5	l/hab/d
Qmd	0.008	l/s

HORA	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)	Am1	Am2	Am3	Av(l)	At(h)	At(min)	At (seg)	q(l/s)	q/Qmd
7	1551.1	1559.45	0	0	0	0	0.00	0	0	0.0000	0.00
8	1551.25	1559.69	0.15	0.24	0.195	195	1.00	60	3600	0.0542	7.2000
9	1551.26	1559.77	0.01	0.08	0.045	45	1.00	60	3600	0.0125	1.6615
10	1551.36	1559.77	0.1	0	0.05	50	1.00	60	3600	0.0139	1.8462
11	1551.56	1559.78	0.2	0.01	0.105	105	1.00	60	3600	0.0292	3.8769
12	1551.57	1559.82	0.01	0.04	0.025	25	1.00	60	3600	0.0069	0.9231
13	1551.58	1559.84	0.01	0.02	0.015	15	1.00	60	3600	0.0042	0.5538
14	1551.62	1559.87	0.04	0.03	0.035	35	1.00	60	3600	0.0097	1.2923
15	1551.63	1559.9	0.01	0.03	0.02	20	1.00	60	3600	0.0056	0.7385
16	1551.66	1559.92	0.03	0.02	0.025	25	1.00	60	3600	0.0069	0.9231
17	1551.66	1559.95	0	0.03	0.015	15	1.00	60	3600	0.0042	0.5538
18	1551.72	1559.98	0.06	0.03	0.045	45	1.00	60	3600	0.0125	1.6615
19	1551.78	1560.07	0.06	0.09	0.075	75	1.00	60	3600	0.0208	2.7692

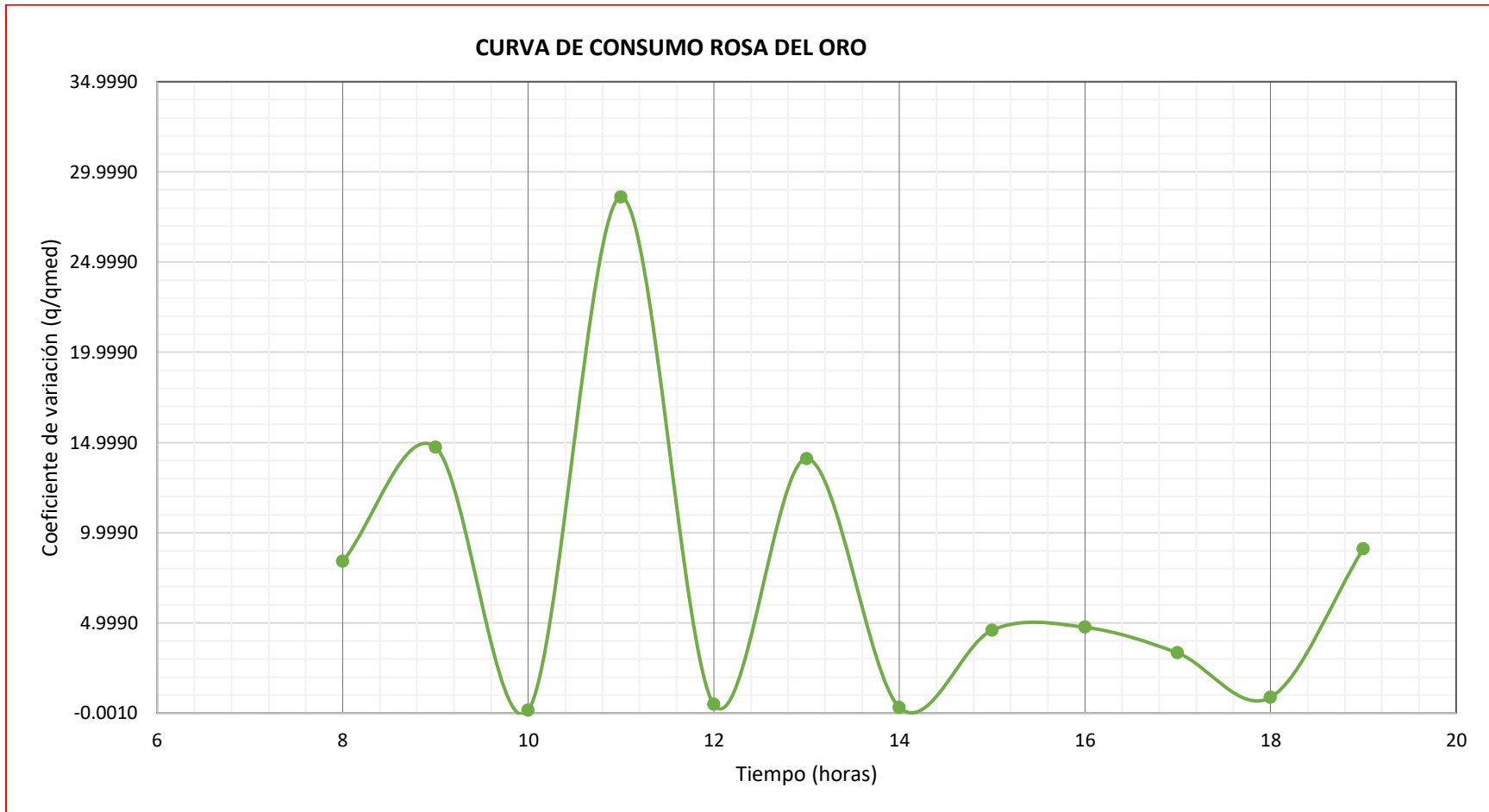




## Rosa de Oro

Usuario		N° Caja
Walter Amador Zingri Buele		RO-056
Daniel José Alvarez Alvarez		RO-036
Sector	Rosa del Oro	
Personas	276	Hab
Dotación	37.86	l/hab/d
Qmd	0.002	l/s

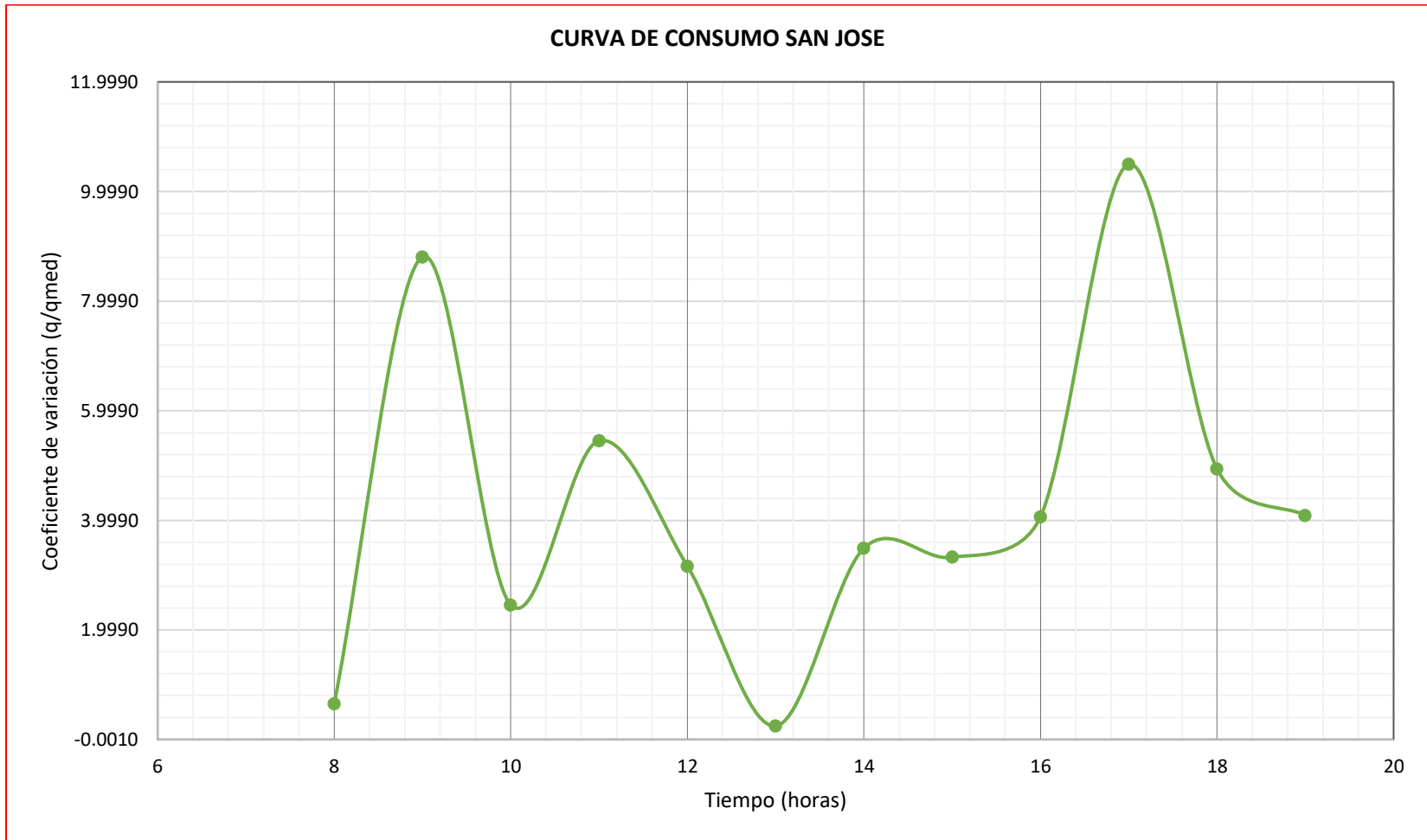
HORA	RO-056		RO-036		Am1.1	Am1.2	Am1.1	Am1.2	Am3	Av(l)	At(h)	At(min)	At (seg)	q(l/s)	q/Qmd
	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)											
7	1218.035	1218.223	1462.113	1464.05	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.0000	0.00
8	1218.035	1218.223	1462.113	1464.156	0	0	0	0.106	0.053	53	1.00	60	3600	0.0147	8.3994
9	1218.035	1218.223	1462.114	1464.341	0	0	0.001	0.185	0.093	93	1.00	60	3600	0.0258	14.7385
10	1218.035	1218.24	1462.116	1464.341	0	0.017	0.002	0	0.001	1	1.00	60	3600	0.0003	0.1585
11	1218.035	1218.24	1462.293	1464.525	0	0	0.177	0.184	0.1805	180.5	1.00	60	3600	0.0501	28.6054
12	1218.035	1218.24	1462.299	1464.525	0	0	0.006	0	0.003	3	1.00	60	3600	0.0008	0.4754
13	1218.035	1218.24	1462.475	1464.527	0	0	0.176	0.002	0.089	89	1.00	60	3600	0.0247	14.1046
14	1218.035	1218.24	1462.479	1464.527	0	0	0.004	0	0.002	2	1.00	60	3600	0.0006	0.3170
15	1218.035	1218.24	1462.511	1464.553	0	0	0.032	0.026	0.029	29	1.00	60	3600	0.0081	4.5959
16	1218.035	1218.24	1462.511	1464.613	0	0	0	0.06	0.03	30	1.00	60	3600	0.0083	4.7544
17	1218.035	1218.24	1462.547	1464.619	0	0	0.036	0.006	0.021	21	1.00	60	3600	0.0058	3.3281
18	1218.035	1218.24	1462.555	1464.622	0	0	0.008	0.003	0.0055	5.5	1.00	60	3600	0.0015	0.8716
19	1218.035	1218.24	1462.579	1464.713	0	0	0.024	0.091	0.0575	57.5	1.00	60	3600	0.0160	9.1125



San José

Usuario		N° Caja
Manuel Rumipulla		SJ-120.1
Sector	Las Colinas	
Personas	196	hab
Dotación	110.03	l/hab/d
Qmd	0.005	l/s

HORA	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)	Am1	Am2	Am3	Av(l)	At(h)	At(min)	At (seg)	q(l/s)	q/Qmd
7	2702.55	2717.726	0	0	0	0	0.00	0	0	0.0000	0.00
8	2702.562	2717.742	0.012	0.016	0.012	12	1.00	60	3600	0.0033	0.6544
9	2702.61	2718.017	0.048	0.275	0.1615	161.5	1.00	60	3600	0.0449	8.8067
10	2702.7	2718.017	0.09	0	0.045	45	1.00	60	3600	0.0125	2.4539
11	2702.755	2718.162	0.055	0.145	0.1	100	1.00	60	3600	0.0278	5.4531
12	2702.756	2718.277	0.001	0.115	0.058	58	1.00	60	3600	0.0161	3.1628
13	2702.765	2718.277	0.009	0	0.0045	4.5	1.00	60	3600	0.0013	0.2454
14	2702.778	2718.392	0.013	0.115	0.064	64	1.00	60	3600	0.0178	3.4900
15	2702.786	2718.506	0.008	0.114	0.061	61	1.00	60	3600	0.0169	3.3264
16	2702.82	2718.621	0.034	0.115	0.0745	74.5	1.00	60	3600	0.0207	4.0625
17	2702.82	2719.006	0	0.385	0.1925	192.5	1.00	60	3600	0.0535	10.4971
18	2702.902	2719.105	0.082	0.099	0.0905	90.5	1.00	60	3600	0.0251	4.9350
19	2702.957	2719.2	0.055	0.095	0.075	75	1.00	60	3600	0.0208	4.0898

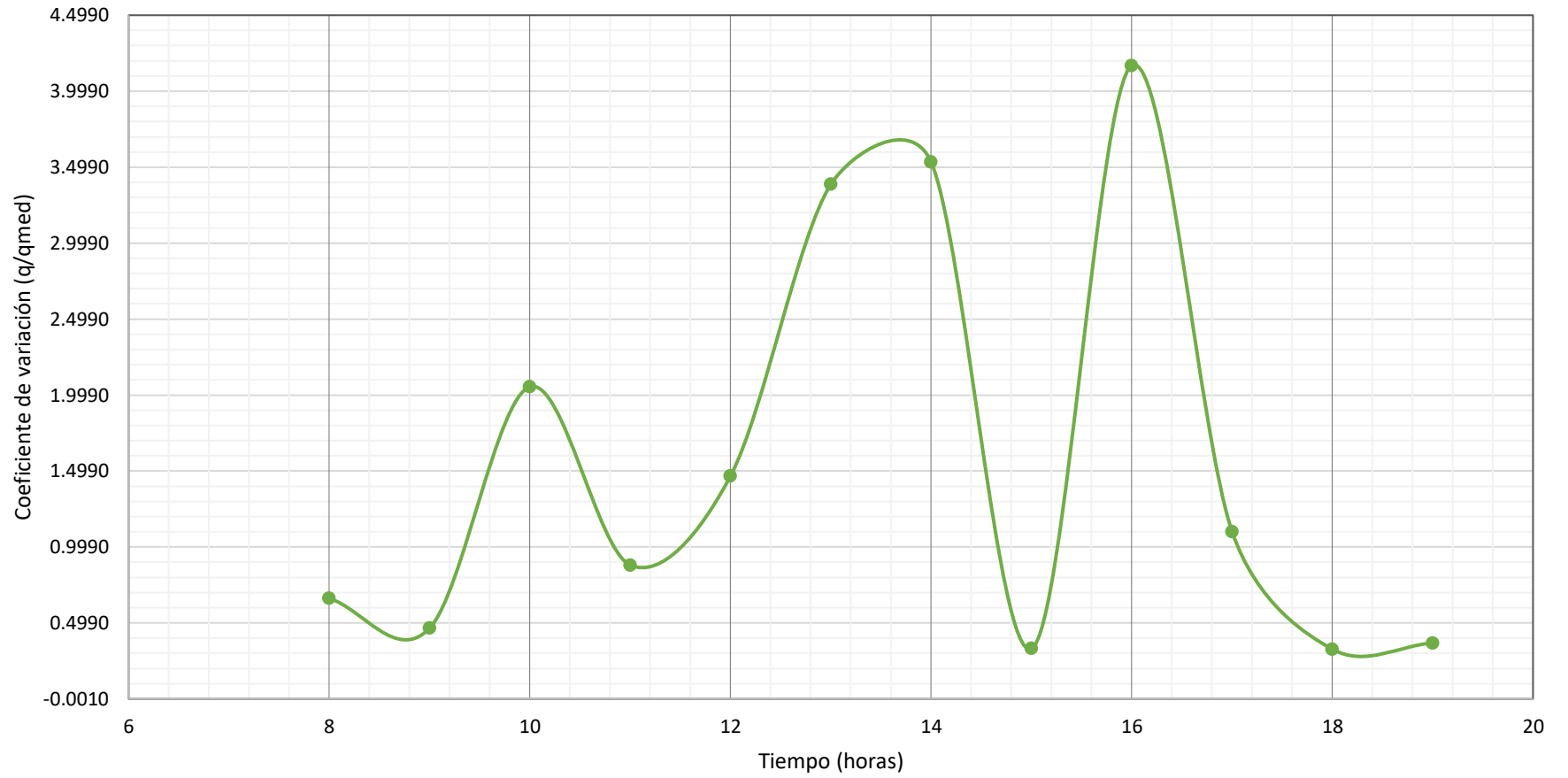


## San Pedro

Usuario	N° Caja	
Ruth Noemí Pugo Perez	SP-267	
Víctor Edwin Pugo Zumba	SP-232	
Sector	San Pedro	
Personas	1440	hab
Dotación	122.72	l/hab/d
Qmd	0.006	l/s

HORA	SP-267		SP-232		Am1.1	Am1.2	Am1.1	Am1.2	Am3	Av(l)	At(h)	At(min)	At (seg)	q(l/s)	q/Qmd
	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)											
7	2577.83	2579.12	3894.641	3898.007	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.0000	0.00
8	2577.83	2579.17	3894.645	3898.007	0	0.05	0.004	0	0.0135	13.5	1.00	60	3600	0.0038	0.6600
9	2577.83	2579.19	3894.652	3898.018	0	0.02	0.007	0.011	0.0095	9.5	1.00	60	3600	0.0026	0.4645
10	2577.84	2579.24	3894.749	3898.029	0.01	0.05	0.097	0.011	0.042	42	1.00	60	3600	0.0117	2.0535
11	2577.86	2579.26	3894.78	3898.03	0.02	0.02	0.031	0.001	0.018	18	1.00	60	3600	0.0050	0.8801
12	2577.86	2579.28	3894.788	3898.122	0	0.02	0.008	0.092	0.03	30	1.00	60	3600	0.0083	1.4668
13	2577.86	2579.34	3894.788	3898.339	0	0.06	0	0.217	0.06925	69.25	1.00	60	3600	0.0192	3.3858
14	2577.86	2579.37	3894.788	3898.598	0	0.03	0	0.259	0.07225	72.25	1.00	60	3600	0.0201	3.5324
15	2577.86	2579.37	3894.788	3898.625	0	0	0	0.027	0.00675	6.75	1.00	60	3600	0.0019	0.3300
16	2577.86	2579.41	3894.788	3898.926	0	0.04	0	0.301	0.08525	85.25	1.00	60	3600	0.0237	4.1680
17	2577.86	2579.45	3894.788	3898.976	0	0.04	0	0.05	0.0225	22.5	1.00	60	3600	0.0063	1.1001
18	2578.35	2579.47	3894.788	3898.976	0.49	0.02	0	0	0.00667	6.66666667	1.00	60	3600	0.0019	0.3259
19	2578.38	2579.47	3894.788	3898.976	0.03	0	0	0	0.0075	7.5	1.00	60	3600	0.0021	0.3667

**CURVA DE CONSUMO SAN PEDRO**

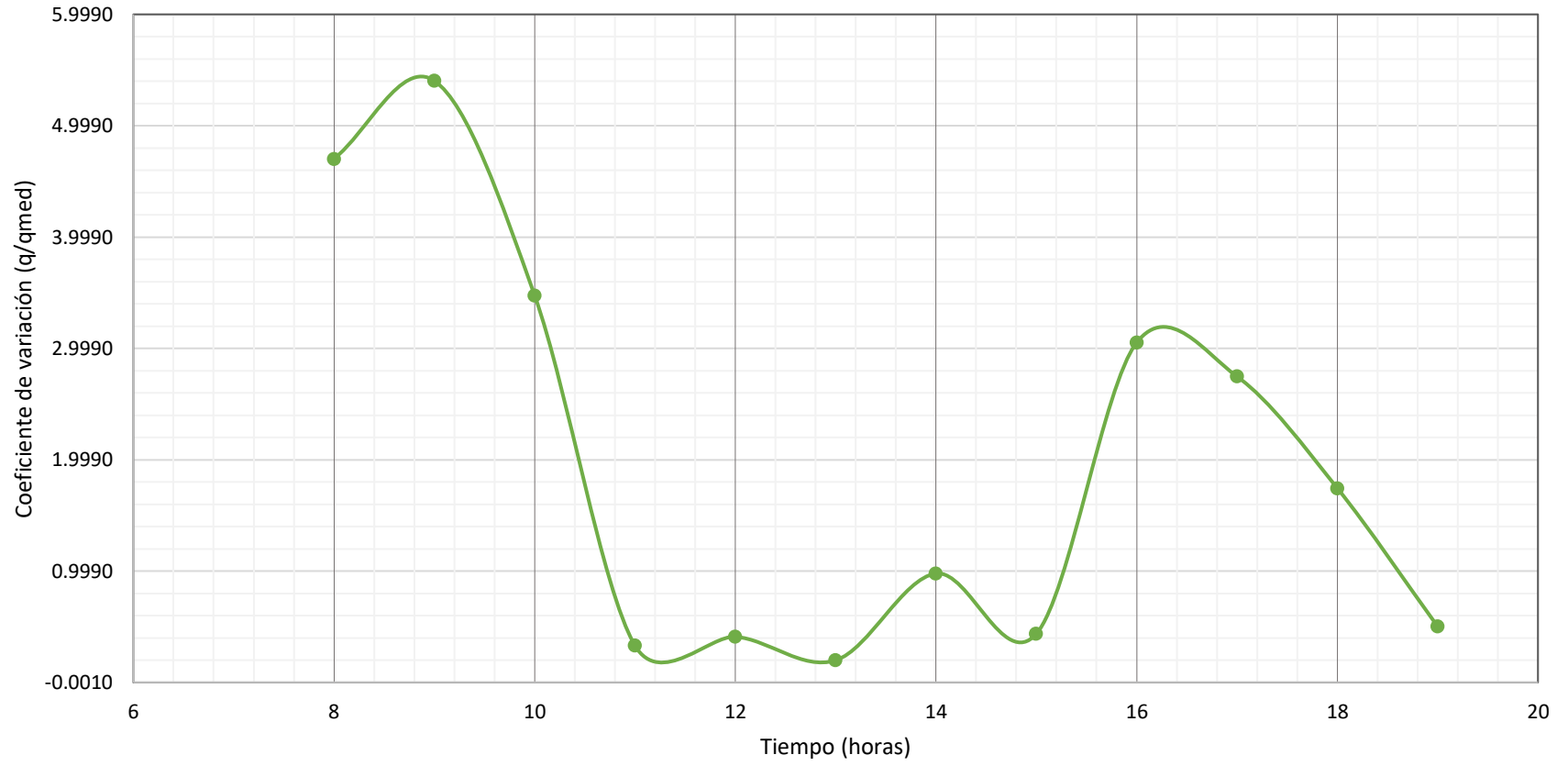


## Santa lucrecia

Usuario	N° Caja	
Patricio Rodríguez Alvarez	SL-127	
Julia Rufina Rumipulla Sigcha	SL-098	
Sector	Santa Lucrecia	
Personas	592	hab
Dotación	113.55	l/hab/d
Qmd	0.005	l/s

HORA	SL-127		SL-098		Am1.1	Am1.2	Am1.1	Am1.2	Am3	Av(l)	At(h)	At(min)	At (seg)	q(l/s)	q/Qmd
	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)											
7	4303.633	4305.339	1630.81	1632.264	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.0000	0.00
8	4303.829	4305.451	1630.832	1632.29	0.196	0.112	0.022	0.026	0.089	89	1.00	60	3600	0.0247	4.7028
9	4303.904	4305.745	1630.836	1632.326	0.075	0.294	0.004	0.036	0.10225	102.25	1.00	60	3600	0.0284	5.4029
10	4303.912	4305.756	1630.83	1632.576	0.008	0.011	-0.006	0.25	0.06575	65.75	1.00	60	3600	0.0183	3.4742
11	4303.931	4305.757	1630.835	1632.576	0.019	0.001	0.005	0	0.00625	6.25	1.00	60	3600	0.0017	0.3303
12	4303.94	4305.776	1630.837	1632.577	0.009	0.019	0.002	0.001	0.00775	7.75	1.00	60	3600	0.0022	0.4095
13	4303.949	4305.776	1630.832	1632.588	0.009	0	-0.005	0.011	0.00375	3.75	1.00	60	3600	0.0010	0.1982
14	4303.961	4305.776	1630.832	1632.65	0.012	0	0	0.062	0.0185	18.5	1.00	60	3600	0.0051	0.9775
15	4303.967	4305.776	1630.832	1632.677	0.006	0	0	0.027	0.00825	8.25	1.00	60	3600	0.0023	0.4359
16	4303.968	4305.856	1630.936	1632.723	0.001	0.08	0.104	0.046	0.05775	57.75	1.00	60	3600	0.0160	3.0515
17	4303.983	4305.888	1631	1632.82	0.015	0.032	0.064	0.097	0.052	52	1.00	60	3600	0.0144	2.7477
18	4304.036	4305.896	1631.065	1632.826	0.053	0.008	0.065	0.006	0.033	33	1.00	60	3600	0.0092	1.7437
19	4304.037	4305.921	1631.075	1632.828	0.001	0.025	0.01	0.002	0.0095	9.5	1.00	60	3600	0.0026	0.5020

**CURVA DE CONSUMO SANTA LUCRECIA**



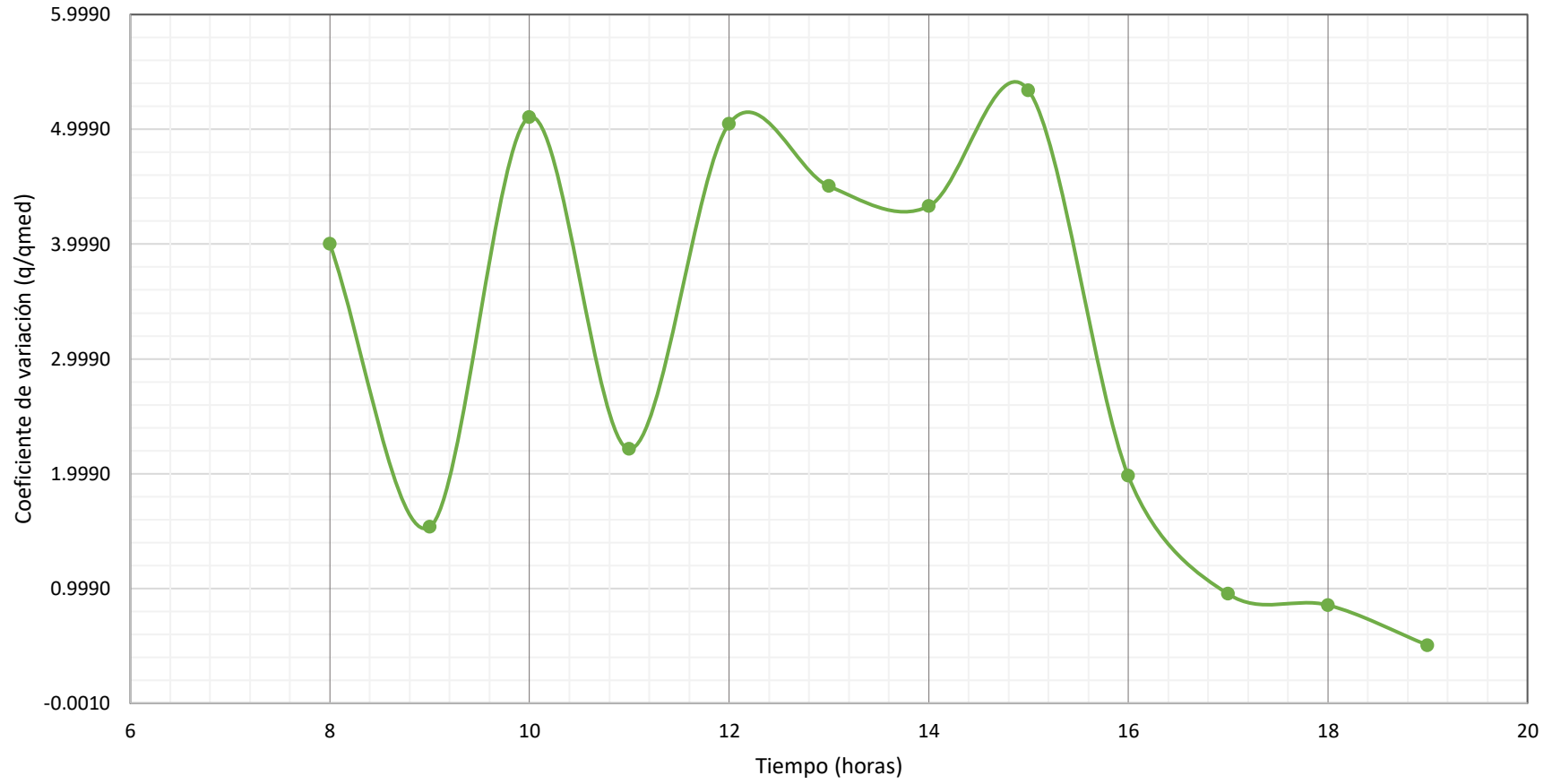


## Santa Teresita

Usuario	N° Caja	
María Rosa Muñoz Vele	ST-116	
Reimundo Hernández Guzmán	ST-251	
Sector	Santa Teresita	
Personas	1068	hab
Dotación	154.55	l/hab/d
Qmd	0.007	l/s

HORA	ST-116		ST-251		Am1.1	Am1.2	Am1.1	Am1.2	Am3	Av(l)	At(h)	At(min)	At (seg)	q(l/s)	q/Qmd
	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)											
7	1816.238	1817.577	5753.091	5756.236	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.0000	0.00
8	1816.301	1817.632	5753.113	5756.379	0.063	0.055	0.022	0.143	0.103	103	1.00	60	3600	0.0286	3.9987
9	1816.321	1818.175	5753.226	5756.438	0.02	0.543	0.113	0.059	0.0395	39.5	1.00	60	3600	0.0110	1.5335
10	1816.336	1818.394	5753.269	5756.686	0.015	0.219	0.043	0.248	0.1315	131.5	1.00	60	3600	0.0365	5.1051
11	1816.377	1818.436	5753.29	5756.759	0.041	0.042	0.021	0.073	0.057	57	1.00	60	3600	0.0158	2.2129
12	1816.448	1818.437	5754.311	5756.948	0.071	0.001	1.021	0.189	0.13	130	1.00	60	3600	0.0361	5.0469
13	1816.799	1818.573	5754.554	5757.064	0.351	0.136	0.243	0.116	0.116	116	1.00	60	3600	0.0322	4.5034
14	1816.884	1818.677	5754.631	5757.202	0.085	0.104	0.077	0.138	0.1115	111.5	1.00	60	3600	0.0310	4.3287
15	1816.916	1819.225	5754.675	5757.445	0.032	0.548	0.044	0.243	0.1375	137.5	1.00	60	3600	0.0382	5.3381
16	1816.948	1819.314	5754.708	5757.515	0.032	0.089	0.033	0.07	0.051	51	1.00	60	3600	0.0142	1.9799
17	1816.963	1819.396	5754.719	5757.549	0.015	0.082	0.011	0.034	0.0245	24.5	1.00	60	3600	0.0068	0.9511
18	1816.97	1819.432	5754.727	5757.586	0.007	0.036	0.008	0.037	0.022	22	1.00	60	3600	0.0061	0.8541
19	1816.977	1819.441	5754.745	5757.605	0.007	0.009	0.018	0.019	0.013	13	1.00	60	3600	0.0036	0.5047

**CURVA DE CONSUMO SANTA TERESITA**

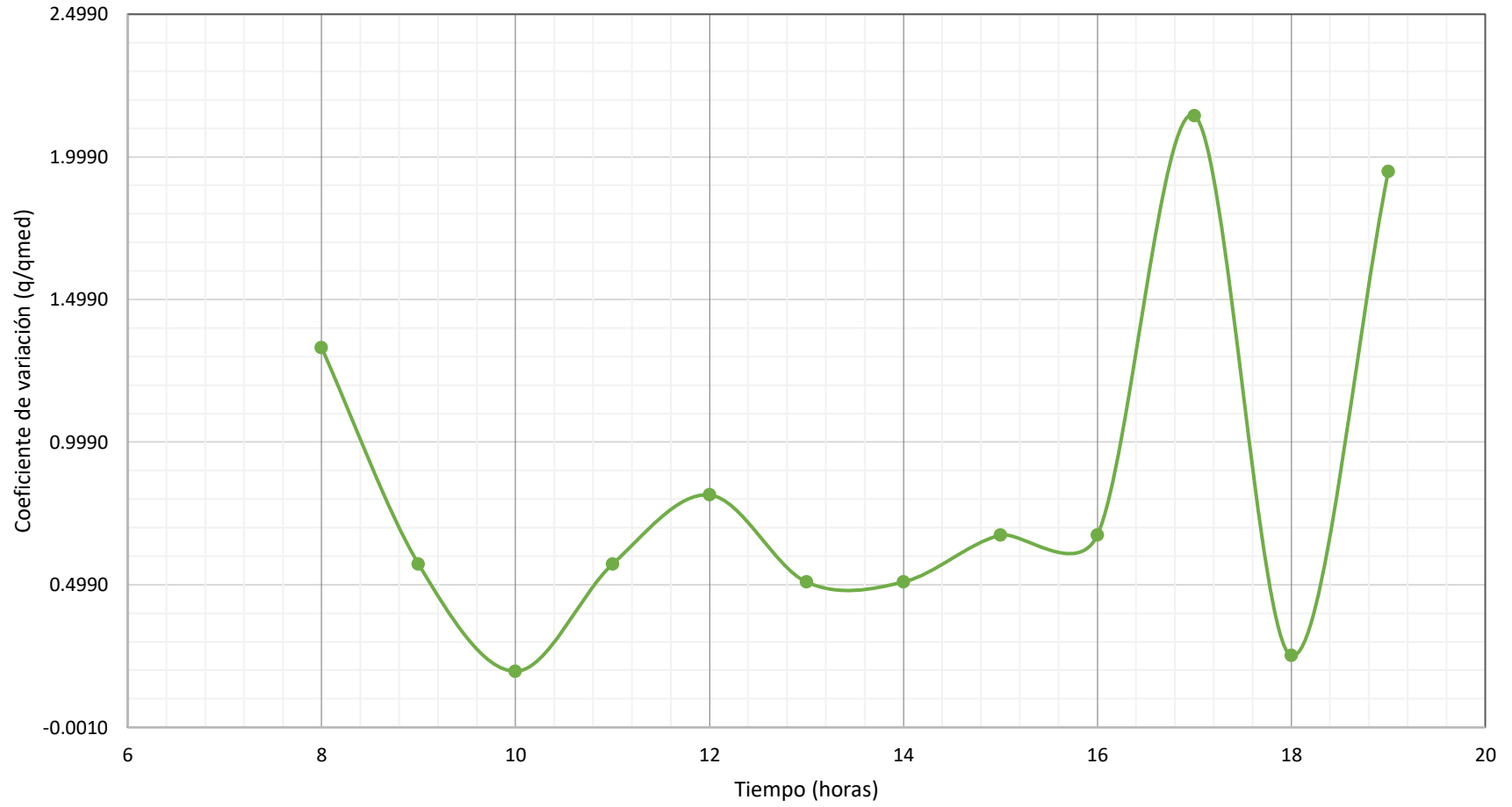


## Tarqui Centro

Usuario		N° Caja
Zoila Erlina Pesantez Alvarez		TC-067
Segundo Francisco Quito Rodriguez		TC-181
Sector	Tarqui centro	
Personas	800	hab
Dotación	191.76	l/hab/d
Qmd	0.009	l/s

HORA	TC-067		TC-181		Am1.1	Am1.2	Am1.1	Am1.2	Am3	Av(l)	At(h)	At(min)	At (seg)	q(l/s)	q/Qmd
	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)											
7	3762.943	3764.372	5138.859	5139.767	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.0000	0.00
8	3763.022	3764.374	5138.948	5139.767	0.079	0.002	0.089	0	0.0425	42.5	1.00	60	3600	0.0118	1.3298
9	3763.029	3764.422	5138.958	5139.775	0.007	0.048	0.01	0.008	0.01825	18.25	1.00	60	3600	0.0051	0.5710
10	3763.032	3764.44	5138.962	5139.775	0.003	0.018	0.004	0	0.00625	6.25	1.00	60	3600	0.0017	0.1956
11	3763.046	3764.446	5139.015	5139.775	0.014	0.006	0.053	0	0.01825	18.25	1.00	60	3600	0.0051	0.5710
12	3763.046	3764.465	5139.069	5139.806	0	0.019	0.054	0.031	0.026	26	1.00	60	3600	0.0072	0.8135
13	3763.046	3764.505	5139.072	5139.828	0	0.04	0.003	0.022	0.01625	16.25	1.00	60	3600	0.0045	0.5084
14	3763.068	3764.514	5139.079	5139.855	0.022	0.009	0.007	0.027	0.01625	16.25	1.00	60	3600	0.0045	0.5084
15	3763.108	3764.522	5139.093	5139.879	0.04	0.008	0.014	0.024	0.0215	21.5	1.00	60	3600	0.0060	0.6727
16	3763.15	3764.531	5139.105	5139.902	0.042	0.009	0.012	0.023	0.0215	21.5	1.00	60	3600	0.0060	0.6727
17	3763.259	3764.539	5139.17	5139.994	0.109	0.008	0.065	0.092	0.0685	68.5	1.00	60	3600	0.0190	2.1433
18	3763.259	3764.551	5139.18	5140.004	0	0.012	0.01	0.01	0.008	8	1.00	60	3600	0.0022	0.2503
19	3763.412	3764.567	5139.209	5140.055	0.153	0.016	0.029	0.051	0.06225	62.25	1.00	60	3600	0.0173	1.9477

**CURVA DE CONSUMO TARQUI CENTRO**



## VP Centro

Usuario	N° Caja	
Bernardo Guamán Cepeda	VC-012	
María Amable Tapia Rodríguez	VC-115	
Sector	Victoria centro	
Personas	612	hab
Dotación	239.08	l/hab/d
Qmd	0.011	l/s

HORA	VC-012		VC-115		Am1.1	Am1.2	Am1.1	Am1.2	Am3	Av(l)	At(h)	At(min)	At (seg)	q(l/s)	q/Qmd
	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)											
7	2939.467	2940.864	4103.65	4108.195	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0.00
8	2939.467	2940.864	4103.673	4108.222	0	0	0.023	0.027	0.0125	12.5	1.00	60	3600	0.0035	0.3137
9	2939.467	2940.864	4103.709	4108.232	0	0	0.036	0.01	0.0115	11.5	1.00	60	3600	0.0032	0.2886
10	2939.467	2940.864	4103.713	4108.249	0	0	0.004	0.017	0.00525	5.25	1.00	60	3600	0.0015	0.1318
11	2939.467	2940.864	4103.744	4108.27	0	0	0.031	0.021	0.013	13	1.00	60	3600	0.0036	0.3263
12	2939.467	2940.864	4103.79	4108.27	0	0	0.046	0	0.0115	11.5	1.00	60	3600	0.0032	0.2886
13	2939.613	2940.864	4103.821	4108.299	0.146	0	0.031	0.029	0.0515	51.5	1.00	60	3600	0.0143	1.2925
14	2939.626	2940.864	4103.947	4108.321	0.013	0	0.126	0.022	0.04025	40.25	1.00	60	3600	0.0112	1.0101
15	2939.675	2940.895	4104.021	4108.324	0.049	0.031	0.074	0.003	0.03925	39.25	1.00	60	3600	0.0109	0.9850
16	2939.705	2940.995	4104.035	4108.396	0.03	0.1	0.014	0.072	0.054	54	1.00	60	3600	0.0150	1.3552
17	2939.705	2940.995	4104.066	4108.404	0	0	0.031	0.008	0.00975	9.75	1.00	60	3600	0.0027	0.2447
18	2939.705	2940.995	4104.096	4108.476	0	0	0.03	0.072	0.0255	25.5	1.00	60	3600	0.0071	0.6400
19	2939.705	2940.995	4104.36	4108.564	0	0	0.264	0.088	0.088	88	1.00	60	3600	0.0244	2.2085

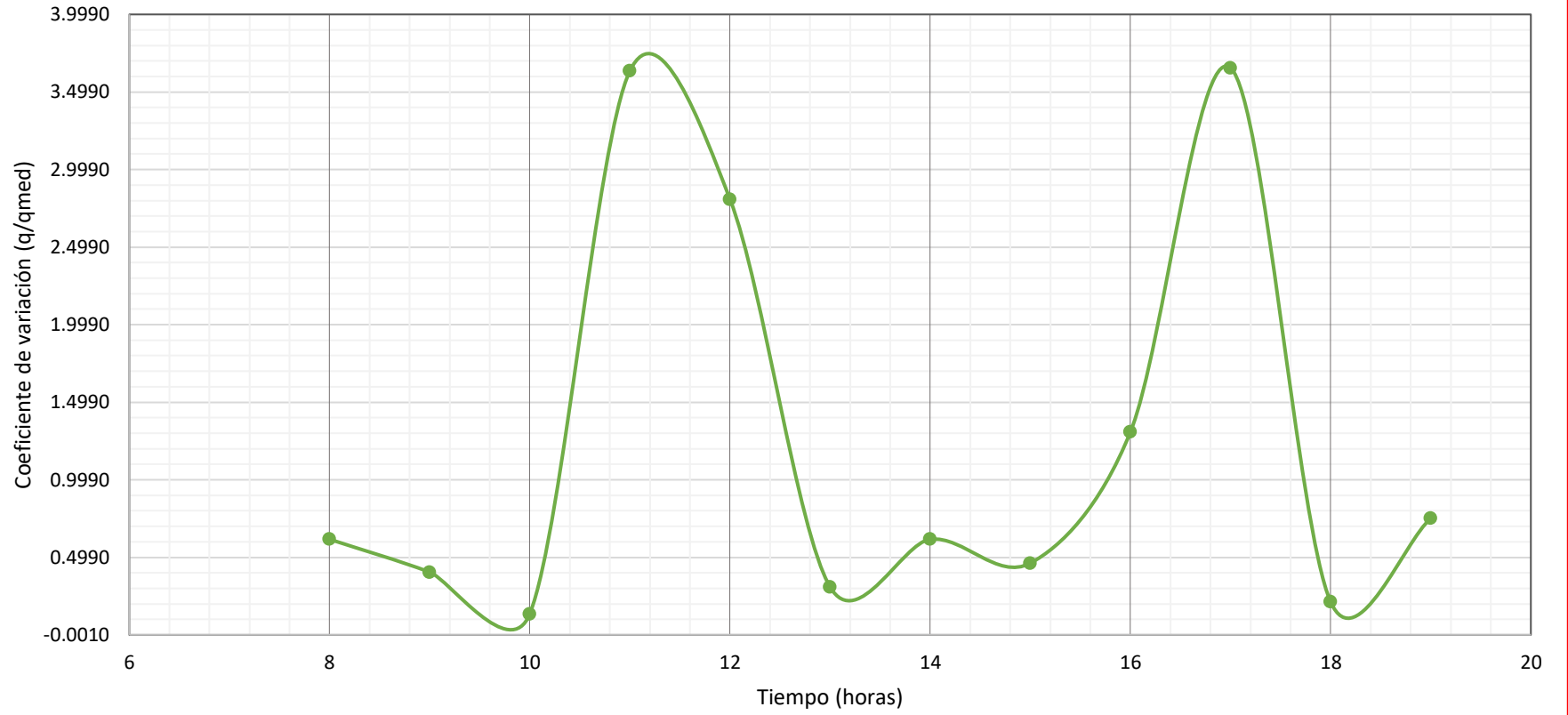


## Zona Franca

Usuario		N° Caja
Carmen de Jesús Guerrero Palacios		ZF-09
Urbadiez		ZF-018
Sector	Zona franca	
Personas	252	hab
Dotación	78	l/hab/d
Qmd	0.003611111	l/s

HORA	ZF-09		ZF-018		Am1.1	Am1.2	Am1.1	Am1.2	Am3	Av(l)	At(h)	At(min)	At(seg)	q(l/s)	q/Qmd
	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)	VOLUMEN PRIMERA LECTURA (m3)	VOLUMEN SEGUNDA LECTURA (m3)											
7	00701.958	00704.300	01293.028	01296.180	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.0000	0.00
8	00701.961	00704.306	01293.028	01296.203	0.003	0.006	0	0.023	0.008	8	1.00	60	3600	0.0022	0.6154
9	00701.961	00704.317	01293.028	01296.213	0	0.011	0	0.01	0.00525	5.25	1.00	60	3600	0.0015	0.4038
10	00701.968	00704.317	01293.028	01296.213	0.007	0	0	0	0.00175	1.75	1.00	60	3600	0.0005	0.1346
11	00701.970	00704.387	01293.028	01296.330	0.002	0.07	0	0.117	0.04725	47.25	1.00	60	3600	0.0131	3.6346
12	00701.970	00704.533	01293.028	01296.330	0	0.146	0	0	0.0365	36.5	1.00	60	3600	0.0101	2.8077
13	00701.986	00704.533	01293.028	01296.330	0.016	0	0	0	0.004	4	1.00	60	3600	0.0011	0.3077
14	00702.018	00704.533	01293.028	01296.330	0.032	0	0	0	0.008	8	1.00	60	3600	0.0022	0.6154
15	00702.041	00704.533	01293.029	01296.330	0.023	0	0.001	0	0.006	6	1.00	60	3600	0.0017	0.4615
16	00702.041	00704.601	01293.029	01296.330	0	0.068	0	0	0.017	17	1.00	60	3600	0.0047	1.3077
17	00702.057	00704.775	01293.029	01296.330	0.016	0.174	0	0	0.0475	47.5	1.00	60	3600	0.0132	3.6538
18	00702.058	00704.785	01293.029	01296.330	0.001	0.01	0	0	0.00275	2.75	1.00	60	3600	0.0008	0.2115
19	00702.070	00704.812	01293.029	01296.330	0.012	0.027	0	0	0.00975	9.75	1.00	60	3600	0.0027	0.7500

**CURVA DE CONSUMO ZONA FRANCA**





**Anexo 3**

Caudal por vivienda

<b>Tasa de crecimiento</b>	
R	1.74%

<b>Periodo de diseño</b>	
30	años

<b>Coefficientes de mayoración</b>	
k1	1.25
k2	3

<b>Caudal total</b>		
Población proyectada	14575	hab
Dotación	144.39	l/hab/día
Caudal	24.358	l/s

<b>Caudales de diseño</b>				
<b>SECTOR</b>	<b>Caudal medio diario Qm (l/s)</b>	<b>QMD (k/s)</b>	<b>QMH (l/s)</b>	<b>Qu (l/s/viv)</b>
Churuguzo	1.349	1.68625	4.047	0.00999
Conferencia 1	0.487	0.60875	1.461	0.02435
Conferencia 2	0.876	1.095	2.628	0.02433
El Descanso	0.381	0.47625	1.143	0.00733
Estación C.	2.19	2.7375	6.57	0.01019
Irquis	1.245	1.55625	3.735	0.00988
La Cofradia	0.591	0.73875	1.773	0.01642
Las Colinas	0.595	0.74375	1.785	0.01214
Morascalle	0.366	0.4575	1.098	0.01525
Rosa de Oro	0.204	0.255	0.612	0.00296
San José	1.692	2.115	5.076	0.00859
San Pedro	3.449	4.31125	10.347	0.00958
Santa lucrecia	1.312	1.64	3.936	0.00886
Santa Teresita	3.222	4.0275	9.666	0.01207
Tañiloma	0.094	0.1175	0.282	0.00855
Tarqui Centro	2.994	3.7425	8.982	0.01497
VP Centro	2.856	3.57	8.568	0.01867
Zona Franca	0.46	0.575	1.38	0.00730
<b>TOTAL</b>	<b>24.363</b>	<b>30.45375</b>	<b>73.089</b>	

**Anexo 4**

Caudal unitário por nodo

Churuguzo

<b>Churuguzo</b>		
<b>QMH TOTAL (l/s)</b>	4.047	
<b>#POLÍGONO</b>	<b>AREA</b>	<b>CAUDAL (l/s)</b>
1	23870.4406	0.15217156
2	53209.0687	0.33920224
3	30817.6467	0.19645927
4	73325.0765	0.46743969
5	25724.9794	0.16399405
6	41929.1829	0.26729415
7	26172.8978	0.16684948
8	6107.7096	0.03893601
9	25525.5249	0.16272255
10	19478.2522	0.12417182
11	54408.9393	0.34685129
12	7071.85688	0.04508235
13	18907.2971	0.12053204
14	2736.77753	0.01744667
15	58974.2907	0.37595493
16	37841.6311	0.24123644
17	42304.7031	0.26968805
18	13349.1478	0.08509942
19	59317.5589	0.37814323
20	13760.9695	0.08772474
<b>TOTAL</b>	<b>634833.951</b>	<b>4.047</b>

## Conferencia 1

<b>Conferencia 1</b>		
<b>QMH TOTAL (l/s)</b>	1.461	
<b>#POLÍGONO</b>	<b>AREA</b>	<b>CAUDAL (l/s)</b>
1	162548.782	0.73161292
2	162054.249	0.72938708
<b>TOTAL</b>	<b>324603.031</b>	<b>1.461</b>

## Conferencia 2

<b>Conferencia 2</b>		
<b>QMH TOTAL (l/s)</b>	2.628	
<b>#POLÍGONO</b>	<b>AREA</b>	<b>CAUDAL (l/s)</b>
1	35172.3635	0.10201408
2	77959.2612	0.22611338
3	134905.419	0.39128027
4	108863.23	0.31574739
5	192304.271	0.55776015
6	53099.0461	0.15400871
7	39725.9253	0.11522125
8	60266.9619	0.17479856
9	6285.43162	0.01823029
10	59861.9486	0.17362386
11	101497.061	0.29438252
12	36139.6275	0.10481953
<b>TOTAL</b>	<b>906080.547</b>	<b>2.628</b>

## El Descanso

<b>Descanso</b>		
<b>QMH TOTAL (l/s)</b>	1.143	
<b>#POLÍGONO</b>	<b>AREA</b>	<b>CAUDAL (l/s)</b>
1	80118.8143	0.14884709
2	49803.3048	0.09252605
3	44040.0833	0.08181896
4	44454.2191	0.08258836
5	81242.1262	0.15093401
6	5730.71765	0.0106467
7	107882.24	0.2004268
8	52330.7279	0.09722157
9	111390.233	0.20694405
10	38241.6263	0.07104642
<b>TOTAL</b>	<b>615234.093</b>	<b>1.143</b>

Estación C.

<b>Estación de Cumbe</b>		
<b>QMH TOTAL (l/s)</b>	6.57	
<b>#POLÍGONO</b>	<b>AREA</b>	<b>CAUDAL (l/s)</b>
1	38755.4148	0.17317975
2	56323.411	0.25168287
3	32962.0127	0.14729176
4	50246.7553	0.22452915
5	63294.0296	0.2828313
6	47014.3335	0.21008498
7	47090.5329	0.21042548
8	22788.5896	0.10183151
9	221005.621	0.98757034
10	60451.1678	0.27012788
11	23275.3379	0.10400655
12	151405.113	0.67655835
13	12424.4849	0.05551919
14	13286.367	0.05937053
15	29980.2169	0.13396751
16	84074.0691	0.37568753
17	34751.8196	0.15528956
18	21088.1942	0.09423324
19	60216.0885	0.26907742
20	97220.5671	0.43443306
21	31204.8957	0.13944002
22	29873.7075	0.13349157
23	66129.445	0.29550144
24	69917.0672	0.31242654
25	16584.7225	0.07410934
26	35437.185	0.15835214
27	53480.8931	0.238981
<b>TOTAL</b>	<b>1470282.04</b>	<b>6.57</b>

Irkuis

<b>QMH TOTAL (l/s)</b>	3.735	
<b>#POLÍGONO</b>	<b>AREA</b>	<b>CAUDAL (l/s)</b>
1	42815	0.0998942
2	29559	0.06896584
3	32011	0.07468675
4	58711	0.13698209
5	110396	0.2575714
6	278035	0.64869982
7	69118	0.16126327
8	81097	0.18921218
9	12566	0.02931847
10	48121	0.11227394
11	138871	0.3240081
12	138254	0.32256854
13	31337	0.0731142
14	31377	0.07320752
15	88136	0.20563529
16	10707	0.02498113
17	33526	0.07822148
18	117021	0.27302858
19	120373	0.28084933
20	83979	0.19593635
21	4649	0.01084686
22	16843	0.03929739
23	23332	0.05443726
<b>TOTAL</b>	<b>1600834</b>	<b>3.735</b>

## La Cofradia

<b>La Cofradia</b>		
<b>QMH TOTAL (l/s)</b>	1.773	
<b>#POLÍGONO</b>	<b>AREA</b>	<b>CAUDAL (l/s)</b>
1	87069.4662	0.47416534
2	37085.929	0.20196359
3	77491.8369	0.42200722
4	37733.115	0.20548805
5	35464.1973	0.19313192
6	38465.0552	0.20947407
7	12260.7267	0.06676981
<b>TOTAL</b>	<b>325570.326</b>	<b>1.773</b>

## Las Colinas

<b>Las Colinas</b>		
<b>QMH TOTAL (l/s)</b>	1.785	
<b>#POLÍGONO</b>	<b>AREA</b>	<b>CAUDAL (l/s)</b>
1	48677.3465	0.18111419
2	11238.9284	0.04181677
3	89876.5017	0.33440421
4	36158.6136	0.13453564
5	9813.02254	0.03651139
6	84358.0933	0.31387182
7	104913.417	0.39035218
8	35651.9616	0.13265053
9	59059.5365	0.21974328
<b>TOTAL</b>	<b>479747.421</b>	<b>1.785</b>



## Morasalle

<b>Morasalle</b>		
<b>QMH TOTAL (l/s)</b>	1.098	
<b>#POLÍGONO</b>	<b>AREA</b>	<b>CAUDAL (l/s)</b>
1	10791.7699	0.13999258
2	5367.57781	0.06962908
3	6389.58976	0.08288679
4	8897.84288	0.11542425
5	13214.8928	0.17142572
6	12075.8188	0.15664947
7	27905.3049	0.36199211
<b>TOTAL</b>	<b>84642.7968</b>	<b>1.098</b>

## Rosa del Oro

<b>Rosa del Oro</b>		
<b>QMH TOTAL (l/s)</b>	0.612	
<b>#POLÍGONO</b>	<b>AREA</b>	<b>CAUDAL (l/s)</b>
1	35184.2673	0.02217509
2	7362.90843	0.00464052
3	68144.073	0.0429482
4	8542.34555	0.00538386
5	112909.805	0.07116206
6	64350.2773	0.04055713
7	66593.74	0.04197109
8	50609.8598	0.03189716
9	85001.0967	0.05357243
10	11813.164	0.00744531
11	19309.3274	0.01216982
12	124274.444	0.07832469
13	3531.98352	0.00222605
14	5681.24027	0.00358063
15	27392.4795	0.01726427
16	16864.4163	0.0106289
17	17746.475	0.01118482
18	28365.3853	0.01787745
19	47470.9739	0.02991886
20	62833.8079	0.03960137
21	13782.196	0.00868631
22	10796.2344	0.00680439
23	25960.6935	0.01636188
24	955.84398	0.00060243
25	20067.5716	0.0126477
26	35489.7277	0.02236761
<b>TOTAL</b>	<b>971034.337</b>	<b>0.612</b>

San José

<b>San José</b>		
<b>QMH TOTAL (l/s)</b>	5.076	
<b>#POLÍGONO</b>	<b>AREA</b>	<b>CAUDAL (l/s)</b>
1	21202.1493	0.09971708
2	83596.4136	0.39316723
3	25344.5096	0.11919926
4	21955.1456	0.10325854
5	8967.76668	0.04217683
6	5503.78617	0.02588518
7	56675.7743	0.26655518
8	40661.485	0.19123743
9	40331.0098	0.18968316
10	38444.8222	0.18081212
11	43000.5232	0.2022383
12	12618.0989	0.05934493
13	24617.511	0.11578007
14	36018.3648	0.1694001
15	35970.5794	0.16917536
16	12922.7128	0.06077757
17	28326.5988	0.1332245
18	24089.2006	0.11329534
19	56876.0313	0.26749702
20	2473.14785	0.01163161
21	44129.0215	0.20754581
22	13917.3065	0.06545531
23	24301.2096	0.11429245
24	13179.1749	0.06198376
25	15845.395	0.07452341
26	21495.08	0.10109478
27	26118.5803	0.12283984
28	8890.14722	0.04181178
29	14794.4992	0.06958088
30	44118.3864	0.20749579
31	18611.6731	0.08753366
32	33433.3573	0.1572424
33	32614.876	0.15339295
34	27804.4513	0.13076876
35	6323.68964	0.02974132

36	10922.0248	0.05136802
37	44184.9645	0.20780892
38	13387.1768	0.06296202
39	21726.4726	0.10218306
40	12722.8907	0.05983778
41	11158.5596	0.05248048
<b>TOTAL</b>	<b>1079274.57</b>	<b>5.076</b>

## San Pedro

<b>San Pedro</b>		
<b>QMH TOTAL (l/s)</b>	10.347	
<b>#POLÍGONO</b>	<b>AREA</b>	<b>CAUDAL (l/s)</b>
1	14526.7146	0.09652273
2	39299.3607	0.26112454
3	57655.1121	0.3830893
4	13902.29	0.09237374
5	7544.71149	0.05013082
6	14402.7377	0.09569897
7	10483.2966	0.06965625
8	31060.1512	0.20637913
9	9338.21503	0.06204776
10	20711.6128	0.13761828
11	5955.74047	0.03957291
12	12607.5661	0.08377095
13	16107.8406	0.10702852
14	26559.6005	0.17647523
15	38773.9795	0.25763365
16	28105.7532	0.18674863
17	1902.58774	0.01264174
18	26176.2813	0.17392826
19	41431.063	0.27528864
20	29556.268	0.19638658
21	184838.7	1.22816046
22	1454.66718	0.00966553

23	27833.3181	0.18493844
24	226.225677	0.00150316
25	16763.2555	0.11138343
26	15337.6363	0.1019109
27	20961.2419	0.13927694
28	22955.8962	0.15253042
29	20752.6129	0.1378907
30	33456.767	0.22230344
31	6937.3653	0.04609531
32	8607.68285	0.05719374
33	23608.6384	0.15686756
34	34598.9149	0.22989244
35	41905.7251	0.27844253
36	31878.7992	0.21181863
37	12969.6099	0.08617655
38	54985.5621	0.36535148
39	4297.10549	0.02855211
40	17615.9143	0.11704892
41	518570.578	3.44564142
42	10571.0393	0.07023925
<b>TOTAL</b>	1557228.14	<b>10.347</b>

Santa lucrecia

<b>Santa Lucrecia</b>		
<b>QMH TOTAL (l/s)</b>	3.936	
<b>#POLÍGONO</b>	<b>AREA</b>	<b>CAUDAL (l/s)</b>
1	15358.1937	0.08197009
2	21883.3813	0.11679647
3	59607.3177	0.3181375
4	39430.1354	0.21044739
5	48872.7977	0.26084498
6	34257.4111	0.18283942
7	52709.8309	0.28132408
8	38065.8644	0.20316598
9	43453.1523	0.23191913
10	32954.8165	0.17588718
11	33084.075	0.17657706
12	3041.3471	0.01623235
13	60509.364	0.32295192
14	36933.0672	0.19711999
15	38464.7508	0.20529492
16	4500.60726	0.02402074
17	51836.8582	0.27666483
18	67232.4718	0.35883464
19	21514.0208	0.11482511
20	1159.5728	0.0061889
21	29918.1843	0.15968
22	2675.04664	0.01427732
<b>TOTAL</b>	<b>737462.267</b>	<b>3.936</b>

## Santa Teresita

<b>Santa Teresita</b>		
<b>QMH TOTAL (l/s)</b>	9.666	
<b>#POLÍGONO</b>	<b>AREA</b>	<b>CAUDAL (l/s)</b>
1	43529.6104	0.48601339
2	27490.406	0.30693373
3	16525.7463	0.18451197
4	14208.0017	0.15863407
5	22711.6685	0.25357854
6	17330.3117	0.19349504
7	19203.0936	0.21440488
8	22363.9502	0.24969622
9	23309.2142	0.26025021
10	10739.2495	0.11990503
11	14041.4424	0.15677441
12	13381.1704	0.1494024
13	20743.7221	0.23160618
14	7186.26519	0.08023552
15	4788.14649	0.05346024
16	38265.5375	0.42723938
17	14847.6898	0.16577626
18	19193.6071	0.21429896
19	39616.8535	0.44232699
20	14683.4832	0.16394288
21	29587.6911	0.33035017
22	11107.2575	0.12401388
23	22232.2526	0.2482258
24	7409.56499	0.08272869
25	15485.9949	0.17290302
26	21695.0879	0.2422283
27	11896.2394	0.13282296
28	35399.9518	0.39524477
29	16157.9099	0.18040503
30	43272.9633	0.4831479
31	44959.5181	0.50197849
32	25688.3435	0.28681348
33	9836.81296	0.10982921
34	16905.1315	0.18874785
35	45731.4473	0.51059717
36	14534.1948	0.16227605

37	12567.0685	0.14031285
38	12832.7525	0.14327924
39	64272.3715	0.71760885
<b>TOTAL</b>	<b>865731.724</b>	<b>9.666</b>

## Tañiloma

<b>Tañiloma</b>		
<b>QMH TOTAL (l/s)</b>	0.282	
<b>#POLÍGONO</b>	<b>AREA</b>	<b>CAUDAL (l/s)</b>
1	28083.2269	0.03214437
2	8429.14736	0.0096481
3	36837.2723	0.04216435
4	56577.226	0.06475892
5	2255.95365	0.00258219
6	30610.8488	0.03503752
7	23655.0981	0.02707589
8	3926.97642	0.00449486
9	55996.1278	0.06409379
<b>TOTAL</b>	<b>246371.877</b>	<b>0.282</b>

## Tarqui Centro

<b>Tarqui Centro</b>		
<b>QMH TOTAL (l/s)</b>	8.982	
<b>#POLÍGONO</b>	<b>AREA</b>	<b>CAUDAL (l/s)</b>
1	22467.5237	0.22687445
2	4892.95753	0.04940852
3	12178.849	0.1229806
4	11663.7479	0.11777917
5	10799.1423	0.10904849
6	7661.36731	0.0773636
7	5496.16075	0.05549959
8	10949.4908	0.11056669



9	28584.828	0.28864628
10	71.4627994	0.00072162
11	10700.4916	0.10805232
12	35197.7571	0.35542287
13	18502.1855	0.18683292
14	18800.9083	0.18984939
15	22635.0821	0.22856643
16	14658.0347	0.14801513
17	20762.3291	0.20965559
18	26804.6219	0.27066996
19	47867.8469	0.48336396
20	15691.2034	0.15844795
21	10562.8382	0.10666231
22	15066.5471	0.15214024
23	36104.8441	0.36458252
24	10944.2192	0.11051346
25	29860.7357	0.30153024
26	32123.6514	0.3243809
27	25074.9585	0.25320402
28	12381.6538	0.1250285
29	26877.4232	0.2714051
30	76468.3094	0.77216811
31	14360.7393	0.14501308
32	22188.0589	0.22405244
33	18667.7914	0.18850519
34	9161.31346	0.09250988
35	12823.2155	0.12948734
36	4398.80748	0.04441865
37	34275.1678	0.34610667
38	8288.87174	0.08370006
39	10079.7068	0.10178371
40	3898.06961	0.03936225
41	6858.78264	0.06925919
42	33164.2123	0.33488837
43	14919.9572	0.15066
44	33726.6882	0.34056818
45	16320.7835	0.16480538
46	11830.5926	0.11946395
47	5895.28086	0.05952986
48	5517.28141	0.05571287
49	1266.79886	0.01279199
<b>TOTAL</b>	<b>889493.291</b>	<b>8.982</b>

## VP Centro

<b>Victoria del Portete Centro</b>		
<b>QMH TOTAL (l/s)</b>	8.568	
<b>#POLÍGONO</b>	<b>AREA</b>	<b>CAUDAL (l/s)</b>
1	0.27039881	0.27039881
2	0.22569221	0.22569221
3	0.90257813	0.90257813
4	0.23075496	0.23075496
5	0.36157056	0.36157056
6	0.21884765	0.21884765
7	0.25950297	0.25950297
8	0.17553861	0.17553861
9	0.20488214	0.20488214
10	0.28485333	0.28485333
11	0.15433616	0.15433616
12	1.55443736	1.55443736
13	0.49465836	0.49465836
14	0.33283588	0.33283588
15	0.28736808	0.28736808
16	0.88521582	0.88521582
17	0.28258265	0.28258265
18	0.45448145	0.45448145
19	0.39080524	0.39080524
20	0.22536069	0.22536069
21	0.37129896	0.37129896
<b>TOTAL</b>	<b>8.568</b>	<b>8.568</b>

## Zona Franca

<b>Victoria del Portete Centro</b>		
<b>QMH TOTAL (l/s)</b>	1.38	
<b>#POLÍGONO</b>	<b>AREA</b>	<b>CAUDAL (l/s)</b>
1	25362.6198	0.0548508
2	164599.681	0.35597364
3	4181.62408	0.00904344
4	15347.2228	0.03319087
5	26049.0191	0.05633525
6	29368.193	0.0635135
7	35423.4601	0.07660901
8	3844.62869	0.00831464
9	2904.84456	0.0062822
10	3018.52102	0.00652804
11	16284.3123	0.03521748
12	2739.14881	0.00592386
13	23765.6432	0.05139708
14	3508.67085	0.00758807
15	12223.6139	0.02643556
16	31738.7262	0.06864017
17	6830.22459	0.01477147
18	127632.125	0.27602527
19	65714.6681	0.14211868
20	9579.57045	0.02071738
21	27985.6748	0.06052358
<b>TOTAL</b>	<b>638102.192</b>	<b>1.38</b>

## Anexo 5

### Bomba

Altura S.N.M.	3000	m.s.n.m.		Accesorios:	
Hs	0.05	M		Canastilla	
Hi	31.24	M		Válvula de pie (succión)	
Li	720	M		Válvula antirretorno	
Q	0.5578	l/s		Válvulas compuerta	
Q	0.0005578	m <sup>3</sup> /s		2 codos 90° (succión)	
Qbombeo	0.0008367	m <sup>3</sup> /s		10 codos 45° (Impulsión)	
	0.8367				

Tubería de succión		
Diámetro (mm)	Velocidad(m/s)	d (mm)
50	0.75	37.68923568
75	1.1	31.12086212
100	1.3	28.62702952
150	1.45	27.10590806
200	1.6	25.8040557
250	1.6	25.8040557
300	1.7	25.03361111
400 o mayor	1.8	24.32829702
<b>Velocidad de succión</b>		<b>0.027</b>

Tubería de impulsión			
Número de horas de bombeo		16	horas
$\lambda$		0.67	
D		27.74	mm
		<b>32</b>	
<b>Velocidad de impulsión</b>		<b>1.040</b>	

Perdida de carga de succión ( $\Delta h_s$ )		
	K	$\Delta h_s$
Canastilla	0.8	2.89222E-05
válvula de pie	3	0.000108458

válvula antirretorno	1	3.61527E-05
válvula compuerta	0.2	7.23054E-06
2 codos 90° (succión)	0.9	6.50749E-05
	1.8	
Tubería		5.70267E-06
		<b>0.000251541</b>

Altura dinámica o altura de bombeo		
Hb	62.37844631	M
Caudal de bombeo		
Qb	72.29088	m3/hr

Perdida de carga de impulsión ( $\Delta h_i$ )		
	k	$\Delta h_i$
10 codos 45° (Impulsión)	4.2	0.23169153
tubería	30.8565032	31.0881948

Carga de impulsión $H_i$	
$H_i = h_i + \Delta h_i$	
Hi	<b>62.3281948</b>

## Anexo 6

### Presupuesto

EVALUACIÓN Y REPOTENCIACIÓN DE LA CONDUCCIÓN, PLANTA DE TRATAMIENTO Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA, DE LA JUNTA DE AGUA POTABLE DE VICTORIA DEL PORTETE Y TARQUI, PROVINCIA DEL AZUAY, ECUADOR

Oferente: Leidy Cabrera; Sara Sarango  
 Ubicación: VICTORIA DEL PORTETE Y TARQUI  
 Fecha: 10/07/2025

PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
<b>1</b>		<b>Actividades preliminares</b>				<b>2,618.18</b>
1.1	5A1005	Replanteo de la red de tubería en campo	m	342.00	1.20	410.40
1.2	5AE044	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	1,092.96	2.02	2,207.78
2	594002	Relleno con arena	m3	91.08	18.89	1,720.50
3	594002	Relleno compactado con material de mejoramiento en zanjas	m3	1,313.60	18.89	24,813.90
<b>4</b>		<b>instalación de tuberías PVC</b>				<b>1,150.28</b>
4.1	5A8100	Instalación de tubería PVC 50 mm	m	596.00	1.93	1,150.28
5	5A8123	Instalación de tubería PVC 110 mm	m	3,119.00	2.15	6,705.85
6	5A8123	Instalación de de tubería PVC 63 mm	m	2,057.00	2.15	4,422.55
7	5A8111	Instalación de tuberías PVC 90 mm	m	2,536.80	0.66	1,674.29
<b>8</b>		<b>Suministro e instalación de válvulas y bombas</b>				<b>574.97</b>
8.1	5A8222	Suministro e instalación de válvulas reductora de presión (PRV)	u	20.00	24.32	486.40
8.2	554006	Hormigón f´c= 210kg/cm2 vertical encofrado y acero de refuerzo (30x10), elaboración y vertido	ml	3.00	29.16	87.48
9	533010	Cubierta de galvalumen e= 0.35mm, suministro e instalación	m2	9.00	16.88	151.92
10	5AB026	Replanteo de HºSº f´c=180 kg/cm²	m2	1.00	137.52	137.52
11	560007	Instalación de tomacorriente simple tipo universal	u	1.00	3.07	3.07
12	566002	Mampostería de bloque e= 10cm, con mortero 1:3, suministro e instalación	m2	28.00	16.01	448.28
13	591002	Puerta de madera, suministro y colocación	u	1.00	17.18	17.18
14	5A8016	Sum. +Instal. Ventilación 50mmx3m Tipo A	ml	6.00	1.85	11.10
15	5AA068	Suministro e instalación de bomba de agua 2 1/2 HP (eléctrica)-emergencia	u	1.00	229.48	229.48
16	5AA069	Suministro e instalación de bomba de agua 2 1/2 HP (eléctrica)	u	1.00	229.48	229.48
17	5AD084	Tablero de control - a 2 contactores	u	1.00	132.06	132.06
18	5AA066	Suministro e instalación de grupo electrógeno de 8-10kva trifásico, con arranque eléctrico	u	1.00	6,573.61	6,573.61
<b>SUBTOTAL</b>						<b>51,613.13</b>
					15 %	<b>7,741.97</b>
<b>TOTAL</b>						<b>59,355.10</b>

Son: CINCUENTA Y NUEVE MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y CINCO CON 10/100 BOLIVIANOS

**Anexo 7****Planos**