

# 100. AGUILAR BENITES, Jenrry Wenceslao.docx

*por* Turnitin Civil

---

**Fecha de entrega:** 11-sept-2025 08:31a. m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2747911459

**Nombre del archivo:** 100.\_AGUILAR\_BENITES\_Jenrry\_Wenceslao.docx (7.39M)

**Total de palabras:** 21022

**Total de caracteres:** 117071

<sup>2</sup>**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS:**

---

<sup>7</sup>**“MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN LA RED DE  
DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, PARA EL USO  
ADECUADO DE VÁLVULAS DE PASO EN LA CC.NN. BAJO  
SOMONTONARI, RIO NEGRO, SATIPO, JUNIN 2024”**

---

**Para optar el Título Profesional de:  
INGENIERO CIVIL**

**TESISTA**

Bach. AGUILAR BENITES, Jenry Wenceslao

**ASESOR**

Mg. VALDIVIESO ECHEVARRIA, Martin Cesar

**HUANUCO – PERU  
2025**

### **DEDICATORIA**

Esta investigación se dedica en primer lugar a Dios, como guía constante en cada etapa de la vida, por su amor incondicional, acompañándome en cada etapa de mi vida; para mis padres que siempre están presentes; para mi esposa y mis tres hermosos hijos, siendo ellos las personas que más amo; que representan la motivación principal que impulsa el esfuerzo y la dedicación para lograr los objetivos con unión y afecto.

### **AGRADECIMIENTO**

Se expresa un sincero agradecimiento a la entidad que ofreció apoyo durante este proceso trascendental, a la **Facultad de Ingeniería de la Universidad de Huánuco**, al asesor **de tesis Mg. Martin Cesar Valdivieso Echevarría**, y a cada docente, cuyas enseñanzas y apoyo representan el fundamento de la formación profesional.

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación: "Modelamiento Hidráulico en la Red de Distribución de Agua Potable, para el uso adecuado de válvulas de paso en la CC.NN. Bajo Somontonari, Río Negro, Satipo, Junín 2024", busca aumentar la calidad de los diseños hidráulicos de la red de distribución de un proyecto de saneamiento en el ámbito rural donde lo primordial no es la magnitud de labores sino la adecuada funcionalidad de la red de distribución y de sus componentes.

Los problemas en los sistemas de redes de distribución de saneamiento rural surgen debido a la falta de coherencia en los estudios básicos, especialmente en el estudio topográfico, hidrológico e hidráulico. Estas deficiencias generan inconsistencias en el proyecto durante su ejecución en campo, ocasionando retrasos, sobrecostos y la necesidad de adicionales y deductivos. Para evitar estos inconvenientes, es fundamental realizar un diseño hidráulico adecuado, basado en estudios básicos precisos, garantizando así la correcta funcionalidad del sistema.

Los problemas durante la ejecución y puesta en marcha de iniciativas de abastecimiento y tratamiento de agua en áreas rurales se deben, en gran medida, a deficiencias en el diseño del sistema de agua potable, especialmente en la ubicación de las válvulas de paso dentro de la red de distribución. Durante la instalación de las redes de distribución, estas válvulas no siempre son colocadas en los puntos estratégicos adecuados, lo que se evidencia al realizar la prueba hidráulica del sistema, donde pueden detectarse fallas operativas y dificultades en el control del flujo.

La presente investigación tiene como finalidad llevar a cabo el modelamiento hidráulico de la CC.NN. Bajo Somontonari, distrito de Río Negro, provincia de Satipo, región Junín, con el proceso de ubicación y dimensionamiento de válvulas de paso, pérdidas de carga excesivas, variaciones de presión, deficiencia en la sectorización de la red y dificultades en la operación y mantenimiento del sistema, con software de simulación hidráulica, como el WATERCAD, levantamiento topográfico, medición de caudales, análisis hidrológico e hidráulico, así como demás características hidráulicos.

Los resultados permitirán optimizar la eficiencia de la red de distribución, haciéndolo uniforme, también <sup>1</sup> reducción de pérdidas de agua, mejora en la sectorización de presión del sistema, disminución de costos operativos y mantenimiento preventivo adecuado.

El marco teórico se sustenta en la norma emitida por <sup>4</sup> el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento destinada a regular el suministro de agua destinado al abastecimiento de la población en zonas rurales, siguiendo los lineamientos del MVCS.

De los resultados obtenemos:

<sup>22</sup> El modelamiento Hidráulico de la Red de Distribución brinda la posibilidad de anticipar la experiencia del proceso constructivo antes de su inicio.

La determinación de las presiones hidráulicas, velocidades y diámetros de tuberías, como también la adecuada localización de las válvulas para disminuir las pérdidas de agua.

**Palabras claves:** modelamiento hidráulico, presiones, válvulas, velocidades y diámetros de tubería, pérdida de carga, caudal, caudal máximo horario y diario, saneamiento.

## ABSTRAC

In this research work: <sup>22</sup> "Hydraulic Modeling in the Potable Water Distribution Network for the Proper Use of Gate Valves in the Native Community Bajo Somontonari, Rio Negro, Satipo, Junín 2024", the objective is to improve the quality of hydraulic designs of the distribution network in a rural sanitation project, where the priority <sup>30</sup> is not the scale of the works but rather the proper functionality of the distribution network and its components.

Problems in rural sanitation distribution systems arise due to inconsistencies in the basic studies, particularly in the topographic, hydrological, and hydraulic analyses. These deficiencies create inconsistencies in the project during field execution, leading to delays, cost overruns, and the need for additional works and deductions. To avoid these setbacks, it is essential to carry out an adequate hydraulic design based on accurate basic studies, thereby ensuring the correct functionality of the system.

Difficulties during the implementation of rural sanitation projects are largely due to shortcomings in the potable water system design, especially regarding the placement of gate valves within the distribution network. During the installation of distribution networks, these valves are not always placed in the correct strategic points, which becomes evident when hydraulic tests are conducted on the system, often revealing operational failures and challenges in flow control.

This research aims to conduct the hydraulic modeling of the Native Community Bajo Somontonari, <sup>3</sup> district of Río Negro, province of Satipo, Junín region, focusing on the placement and sizing of gate valves, excessive head losses, pressure variations, deficiencies in network sectorization, and challenges in system operation and maintenance. This will be achieved using hydraulic simulation software such as WATERCAD, along with topographic surveying, flow measurements, hydrological and hydraulic analyses, and other hydraulic features.

The results will allow optimization of the efficiency of the distribution network, making it more uniform, reducing water losses, improving system pressure sectorization, lowering operational costs, and ensuring proper preventive maintenance.

The theoretical framework is based on the regulations approved by the Ministry of Housing, Construction, and Sanitation (MVCS) for the supply of

water for human consumption in rural areas, following the guidelines established by the MVCS.

From the results we obtain:

Hydraulic modeling of the distribution network provides the possibility of anticipating the construction process before its implementation.

Determination of hydraulic pressures, velocities, and pipe diameters, as well as the proper location of valves to reduce water losses.

**Keywords:** hydraulic modeling, pressures, valves, velocities and pipe diameters, pressure loss, flow rate, maximum hourly and daily flow rate, sanitation.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación busca proporcionar un nivel de detalle adecuado para visualizar y analizar la planificación hidráulica del sistema de conducción y reparto de saneamiento en una zona rural, mediante la aplicación de software especializado en modelamiento hidráulico.

Se realizará el modelamiento hidráulico <sup>1</sup> en el software WaterCAD para optimizar el diseño y operación del sistema de abastecimiento. Este modelo permitirá obtener información detallada sobre los componentes hidráulicos en proyectos de saneamiento, funcionando como una representación virtual de la infraestructura a construir. Asimismo, facilitará la comunicación con los involucrados en el proyecto, asegurando una correcta comprensión de la ubicación y el tipo de válvulas a utilizar dentro del sistema.

El capítulo I: Abarca la problemática de qué manera se aplicará el uso adecuado de válvulas de paso en la red de distribución del sistema para la reducción de pérdidas de carga excesivas, variaciones de presión, deficiencia en la sectorización de la red y dificultades en la operación y mantenimiento del sistema constituye el propósito central del presente estudio académico.

El capítulo II: Este trabajo de investigación presenta los fundamentos que respaldan su realización, al proponerse como referencia técnica para orientar el cumplimiento de los lineamientos del sistema de Red de Distribución de proyectos de saneamiento en zonas rurales, específicamente los componentes hidráulicos y la correcta funcionalidad del sistema.

<sup>18</sup> El capítulo III: El trabajo de la tesis se centra en el uso de herramientas dinámicas alineadas a los lineamientos del MVCS con el propósito de estructurar el proyecto del uso correcto <sup>27</sup> del sistema de red de distribución y sus componentes.

El capítulo IV: El avance del trabajo investigativo tiene como finalidad el uso adecuado de las válvulas que se requiere utilizar <sup>15</sup> en el sistema de agua potable para proyectos de saneamiento rural y así prevenir la pérdida de información en este tipo de proyectos puesto que la principal dificultad de los mismos no radica en la cantidad de trabajo ni la tipología de estos si más bien plasmar en la realidad lo que se concibió con los detalles necesarios y suficientes para garantizar su calidad y funcionalidad de los mismos.

**El capítulo V:** Se orienta al análisis de los hallazgos y a la formulación de las conclusiones del estudio, a lo que se añaden las sugerencias correspondientes; finalmente, se cierra junto con las fuentes consultadas producto del análisis documental y los anexos complementarios del estudio realizado.

## CAPITULO I

### PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Descripción del problema

La problemática <sup>1</sup> en los proyectos de ejecución de saneamiento rural actualmente se debe a los diseños incorrectos <sup>29</sup> del sistema de agua potable, así como de la ubicación de las válvulas de paso que corresponde implementar en el sistema de abastecimiento del mismo. Durante la ejecución de los sistemas encargados de transportar agua tratada las válvulas de paso no son ubicadas correctamente, y eso se verifica cuando se realiza la prueba Hidráulica de la totalidad del sistema de agua potable.

Ocasionando daños perjudiciales a <sup>1</sup> la línea de aducción y la red de distribución incluyendo elementos como tuberías, accesorios, válvulas de agua potable, y a la vez a las partidas de movimiento de tierras, perjudicando la programación de obra proyectada al tener que solucionar dichos problemas encontrados, y más aún es pérdida de tiempo, materiales y mano de obra, es por eso que los proyectos de saneamiento rural actualmente, se deben realizar un replanteo topográfico y rediseñar el sistema de agua potable con un modelamiento hidráulico en un software sofisticado, así como el WaterCAD programa de eventos hidráulicos, para proyectos de saneamiento es ideal, porque este programa apoya a las ubicaciones y posiciones <sup>4</sup> de las válvulas de paso dentro de la red de distribución.

Ahora sobre las válvulas constituyen dispositivos de regulación de presión y caudal, siendo esenciales para la confiabilidad de los sistemas de distribución de agua potable, ya que cumplen funciones como el aislamiento de sectores, la prevención de sobrepresiones, la protección frente al vaciado de tuberías, la conservación de la dirección del flujo y el mantenimiento del mismo en una sola fase. No obstante, la eficacia de estas funciones depende tanto de sus características estructurales como de su ubicación estratégica, considerando factores como la seguridad del sistema, los costos asociados a instalación y mantenimiento, la homogenización de presiones, entre otras. Teniendo en cuenta estos factores, se pretenderá realizar el modelamiento hidráulico para verificar el correcto posicionamiento de dichas válvulas empleadas en el diseño

y construcción de sistemas de distribución de agua potable, según las normativas de Obras de saneamiento.

En los proyectos de ejecución de saneamiento rural, se deberá realizar un correcto modelamiento hidráulico, para ejecutar con la mayor seguridad, para verificar los resultados que tiene con el diseño hidráulico del expediente técnico del proyecto, la problemática que se origina dependerá fundamentalmente de la topografía del terreno o zona del proyecto, ya que el estudio topográfico siempre tiene márgenes de errores, la cual hace que la probabilidad de que el diseño hidráulico este correcto. Y más aún que estos proyectos se ejecutan en zonas alejadas y se deberán dar una solución in situ.

Dentro de la Comunidad Nativa de Bajo Somontonari, se ejecuta el proyecto de saneamiento rural, en la cual se tiene las ubicaciones de las válvulas de paso la cual se deberá realizar el diseño hidráulico y verificar los datos para poder realizar modificaciones antes de ejecutar el proyecto, y poder solucionar daños posteriores. La investigación tiene como finalidad la aplicación de realizar un modelamiento hidráulico empleando el software WaterCAD en el diseño, considerando las normas actualizadas del Perú, para que el proyecto de saneamiento tenga una mejor funcionabilidad y <sup>46</sup>durabilidad en el tiempo.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Formulación del problema general**

¿De qué manera el modelamiento hidráulico influye en el uso adecuado de válvulas de paso, <sup>1</sup>en la Red de Distribución de agua potable de la CC.NN. Bajo Somontonari, Rio Negro, Satipo, Junin 2024?

### **1.2.2. Formulación de los problemas específicos**

¿De qué manera el modelamiento hidráulico permite identificar las ubicaciones optimas de las válvulas de pasos en la red de distribución de agua potable?

¿Cómo influye el análisis de presiones y caudales mediante modelamiento hidráulico en la correcta operación y cierre de válvulas de paso?

¿De qué forma la simulación hidráulica contribuye a planificar el mantenimiento preventivo de las válvulas de paso?

### 1.3. Objetivo general

Analizar la influencia del modelamiento hidráulico en el uso adecuado de las válvulas de paso en la red de distribución de agua potable de la CC.NN. Bajo Somontonari, distrito de Rio Negro, provincia de Satipo, región Junín, durante el año 2024.

### 1.4. Objetivo específico

Identificar las ubicaciones optimas de las válvulas de paso mediante el modelamiento hidráulico en la red de distribución de agua potable de la CC.NN. Bajo somontonari, durante el año 2024.

Evaluar el comportamiento de presiones y caudales mediante simulación hidráulica, para optimizar la operación de las válvulas de paso en la red de distribución de agua potable de la CC.NN. Bajo Somontonari, durante el año 2024.

Determinar las zonas críticas de la red de distribución mediante modelamiento hidráulico, para establecer un plan de mantenimiento preventivo de válvulas de paso en la CC.NN. Bajo Somontonari, durante el año 2024.

### 1.5. Justificación de la investigación

**Justificación teórica:** La presente investigación aporta nuevo conocimiento técnico y científico al campo de la ingeniería sanitaria, específicamente en la aplicación del modelamiento hidráulico como herramienta para optimizar el uso de válvulas de paso dentro de las estructuras destinadas a distribución relacionado con el suministro de agua segura en zonas rurales. Esta investigación se basa en la teoría del análisis hidráulico de redes presurizadas, que permite evaluar el comportamiento de caudales, presiones y pérdidas de carga en sistemas cerrados. El estudio contribuye al conocimiento existente mediante la integración del software especializado WaterCAD, con el objetivo de establecer criterios técnicos para la ubicación, operación y mantenimiento adecuado de las válvulas de paso. De esta manera, se genera un aporte original al aplicar esta herramienta en contextos rurales, donde tradicionalmente se ha desarrollado infraestructura sin procesos técnicos de simulación ni modelamiento detallado.

**Justificación Metodológica:** Desde el enfoque metodológico, la investigación adopta una perspectiva cuantitativa con alcance descriptivo y correlacional, empleando un diseño cuasiexperimental. Se utilizarán herramientas de ingeniería como el software WaterCAD, que permitirá modelar y simular la dinámica hidráulica de la red de distribución en operación, considerando como base datos reales del proyecto (longitudes, diámetros, cotas, presiones y caudales). Este procedimiento permitirá verificar la coherencia del diseño hidráulico propuesto con la normativa vigente, especialmente en lo referente a obras de saneamiento en zonas rurales. La metodología aplicada, por tanto, no solo validará técnicamente el sistema, sino que servirá como un modelo replicable en otras comunidades con características similares.

**Justificación Práctica:** En el aspecto práctico, esta investigación responde a una necesidad real de la población nativa de Bajo Somontonari, donde la eficiencia operativa del sistema de agua potable es limitada debido a la falta de criterios técnicos en el diseño y ubicación de válvulas de paso. La aplicación del modelamiento hidráulico permitirá determinar con precisión puntos estratégicos para instalar válvulas, contribuyendo a una mejor gestión operativa, reducción de pérdidas, y mayor facilidad de mantenimiento del sistema. Además, el estudio beneficiará a los operadores del sistema, técnicos municipales y a la comunidad beneficiaria en general, al contar con una herramienta técnica validada que permita optimizar la prestación del servicio de agua potable. Este conocimiento será de utilidad también para futuros proyectos de saneamiento rural, promoviendo soluciones sostenibles e ingenierilmente eficientes.

**Justificación Económica:** La modelación hidráulica a través del software WaterCAD permitirá analizar y optimizar el diseño de la red de distribución en zona rural antes de su construcción. Esto facilitará una comunicación más efectiva entre los actores involucrados—mandantes o gobiernos locales, diseñadores, constructores, proveedores, usuarios y —

reduciendo la posibilidad de retrabajos, sobrecostos y ampliaciones de plazo durante la ejecución del proyecto.

**Justificación Social:** La aplicación del software WaterCAD en el modelamiento hidráulico hace posible examinar y perfeccionar la red de distribución en contextos rurales, brindando a la JASS (Junta de Administración de Servicios de Saneamiento) y al área técnica municipal (ATM) una representación digital que facilita la comprensión de su funcionamiento, asegurando la adecuada operación y conservación del sistema durante toda su vida útil.

#### 1.6. Limitaciones de la investigación

Durante la ejecución de la presente investigación podrían presentarse algunas dificultades a corto plazo, las cuales deben ser consideradas para garantizar el cumplimiento de los objetivos propuestos:

- a) **Limitaciones en el acceso a información técnica detallada** de la infraestructura actual de abastecimiento de agua, tales como planos actualizados, caudales reales, niveles de presión o condiciones hidráulicas reales en campo. Esto puede dificultar la verificación y el ajuste del modelo hidráulico planteado en el software WaterCAD.
- b) **Restricciones logísticas para el trabajo de campo**, debido a la ubicación geográfica de la comunidad nativa Bajo Somontonari, ubicada en una zona de difícil acceso y con limitada conectividad, lo cual podría retrasar la recolección de datos topográficos, aforos o inspecciones técnicas.
- c) **Capacitación técnica del personal local**, ya que en contextos rurales no siempre se cuenta con operadores o técnicos familiarizados con el uso de software especializado o la lectura de modelos hidráulicos, lo cual podría afectar la implementación práctica del diseño propuesto.
- d) **Condiciones climáticas adversas**, propias de la región amazónica, como lluvias intensas o crecidas de río, que podrían impedir el trabajo en campo o la instalación de instrumentos de medición durante el periodo de levantamiento de datos.

Para mitigar estos obstáculos, se plantearán estrategias como el uso de información secundaria confiable, cronogramas flexibles de campo, y el

trabajo coordinado con técnicos locales y entidades municipales para asegurar la continuidad del estudio.

## **1.7. Viabilidad de la investigación**

### **a) Viabilidad Técnica**

El estudio resulta factible desde el aspecto técnico, dado que se cuenta con la documentación y los datos necesarios, herramientas y capacidades necesarias para su ejecución.

- Se contará con información normativa actualizada, específicamente relacionada con la planificación de infraestructuras de suministro hídrico en áreas rurales, las cuales servirá como base para el desarrollo del modelamiento hidráulico.
- Se dispone de información geográfica precisa del ámbito de estudio: <sup>39</sup> la Comunidad Nativa de Bajo Somontonari, ubicada en el distrito de Río Negro, provincia de Satipo, región Junín, a una altitud de 491 m.s.n.m. con coordenadas UTM 531265.25 E; 8781915.44 N (UBIGEO: 120607).
- El tesista cuenta con la capacitación en el uso del software WaterCAD, herramienta reconocida por el MVCS para la simulación de redes hidráulicas, lo cual permite realizar el modelamiento con precisión y eficiencia.

### **b) Viabilidad Económica**

En términos financieros, la investigación se considera realizable puesto que los recursos requeridos son accesibles y se encuentran contemplados dentro de las capacidades del tesista.

- Los costos relacionados con el uso de software (WaterCAD) son asumidos directamente por el investigador, quien ya cuenta con acceso a la plataforma.
- Los gastos logísticos y de desplazamiento para recolección de datos de campo, así como la impresión de documentos, se financiarán con recursos propios.

- No se requiere de personal adicional ni inversión externa, dado que el alcance del estudio se limita a una comunidad y se trabajará principalmente con información técnica disponible y con herramientas digitales de simulación.

## CAPITULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

**Lozano, D. (2021).** Optimización de válvulas de seccionamiento en redes de distribución mediante modelación hidráulica con EPANET. Universidad Politécnica de Madrid – España. Esta investigación tuvo por objetivo mejorar la operación de válvulas en redes urbanas mediante simulaciones hidráulicas. Se aplicó EPANET para modelar redes reales con válvulas de seccionamiento. Se halló que el tiempo de respuesta ante fugas se redujo en un 32%, y se optimizó la ubicación de las válvulas en zonas críticas. Se concluye que el modelamiento hidráulico es una herramienta fundamental para el diseño eficiente de válvulas en sistemas presurizados.

**Koşucu & Demirel (2022).** *Smart pressure management extension for EPANET: dynamic PRV model.* Universidad Técnica de Estambul – Turquía. La investigación buscó desarrollar una válvula reductora de presión (PRV) dinámica para redes complejas. Se usó una versión modificada de EPANET y pruebas en redes reales. Se obtuvo mayor estabilidad de presión, mejorando el funcionamiento de válvulas en tiempo real. Se concluye que los modelos dinámicos PRV integrados a simulaciones hidráulicas ofrecen mayor control en redes con alta variabilidad de demanda.

**Parvaze et al. (2023).** *Optimal determination of valve setting coefficient for multi-tank systems.* Universidad de California – Estados Unidos. El objetivo fue optimizar los coeficientes de apertura de válvulas en redes con múltiples tanques mediante algoritmos genéticos combinados con EPANET. Se determinó que el ajuste automático de válvulas redujo las pérdidas de carga y mejoró la continuidad del servicio. Se concluye que integrar algoritmos de optimización con modelamiento hidráulico mejora el rendimiento técnico y la toma de decisiones.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

**Guillén Huarancca, C. (2021).** *Aplicación del software WaterCAD en la comunidad de Espite – Ayacucho.* Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga – Ayacucho. Esta investigación tuvo como fin evaluar el uso de WaterCAD para modelar un sistema de agua potable en zona rural. Se realizó el levantamiento topográfico y se aplicó WaterCAD para simular presiones y caudales. Se hallaron deficiencias en válvulas y pérdidas por presión excesiva. Se concluye que WaterCAD permite ajustar el diseño técnico a normativas del MVCS y mejorar el funcionamiento de válvulas en zonas rurales.

**Silva Paredes, J. & Zumaran Tineo, M. (2022).** *Modelamiento hidráulico del sistema de agua potable del centro poblado de Huangamarca, La Libertad.* El estudio tuvo como objetivo aplicar WaterCAD en una red rural para mejorar su eficiencia operativa. Se modelaron presiones, pérdidas de carga y ubicación de válvulas. Se identificaron presiones inferiores a 10 m.c.a. en zonas altas y necesidad de válvulas de control. Se concluye que el modelamiento permite prever fallas y mejorar el rendimiento hidráulico antes de la ejecución del proyecto.

**Díaz Cayotopa, D. (2023).** *Evaluación del sistema de agua potable en La Totorá – Chugur, Cajamarca.* Universidad Nacional de Cajamarca – UNC. La investigación evaluó un sistema existente mediante simulación hidráulica con WaterCAD, contrastando el diseño con el funcionamiento real. Se recolectaron datos en campo y se modeló el sistema completo. Se hallaron errores de presión y ubicación ineficiente de válvulas. Se concluye que el modelamiento es esencial para verificar expedientes técnicos y proponer mejoras específicas.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

**Condori Quispe, J. (2019).** *Evaluación hidráulica de un sistema de agua potable en el distrito de Pangoa, Satipo.* Universidad Nacional del Centro del Perú – UNCP. Esta investigación tuvo por objetivo aplicar el modelamiento hidráulico en una red rural para optimizar la presión y ubicación de válvulas de paso. Se usó WaterCAD con datos del

expediente técnico de la obra ejecutada en 2017. Se halló que existían secciones de la red que presentan niveles de presión superiores a 50 m.c.a., lo que afectaba las acometidas hacia las viviendas. Esto concluye que la modelación hidráulica permite detectar puntos críticos y mejorar el diseño de válvulas, recomendando su uso antes de la fase de ejecución.

**Sobrado Marchino, R.D. (2023).** *Evaluación y mejoramiento de estructuras hidráulicas en la comunidad de Tzancuvatzari, distrito de Río Negro – Satipo.*<sup>37</sup> Universidad Nacional del Centro del Perú – UNCP. El objetivo fue diagnosticar y proponer mejoras en componentes hidráulicos del sistema de agua. Se aplicaron aforos, simulaciones con WaterCAD y análisis normativo. Se identificaron válvulas mal ubicadas y tanques con sobrepresión. Se concluye que el modelamiento hidráulico en zonas rurales debe ser obligatorio para evitar fallos operativos y prolongar la vida útil de los sistemas.

**Salazar Vásquez, A.T. (2021).** *Mejoramiento del sistema de agua potable en la comunidad de Santa Clara, distrito de Mazamari – Satipo.*<sup>37</sup> Universidad Nacional del Centro del Perú – UNCP. El estudio buscó optimizar una red existente mediante análisis hidráulico. Se utilizaron datos GPS, simulaciones con WaterCAD y verificación de normativa del MVCS. Se hallaron presiones fuera de rango y se propuso la reubicación de válvulas. Se concluye que el diseño sin modelamiento genera deficiencias técnicas que afectan la calidad del servicio.<sup>34</sup>

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Redes de distribución de agua**

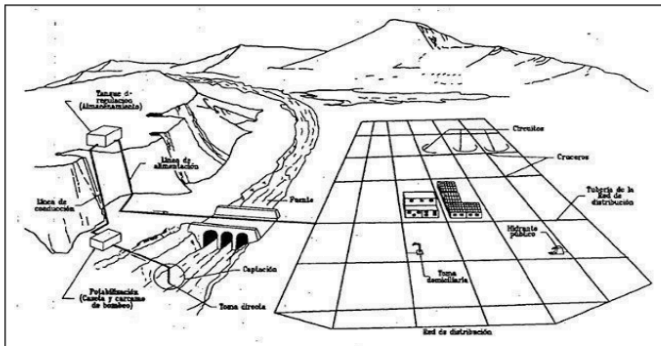
Dentro de las nociones fundamentales vinculados al tema, Aguirre, F (2015) señala que una red del reparto del recurso hídrico corresponde a un conjunto de tuberías y elementos complementarios cuya función es trasladar el recurso desde el reservorio hasta los lugares de consumo. Este sistema debe asegurar de manera continua que el agua llegue con volumen suficiente, en condiciones adecuadas de calidad y con la presión necesaria a lo largo de toda su vida útil.

Según Rocha Felices (2007), la clasificación <sup>1</sup> de las redes que forman parte de un sistema de distribución de agua potable puede abordarse de distintas formas, dependiendo del enfoque de diseño que se adopte. No obstante, el autor distingue principalmente dos categorías en función de su operatividad: las redes abiertas o ramificadas, y las redes cerradas o malladas. Las primeras se asemejan a la estructura de un árbol, extendiéndose desde el reservorio hasta cada punto de consumo, mientras que las segundas conforman un entramado reticular con circuitos cerrados de tuberías, lo que permite calcular con mayor precisión los caudales que circulan a partir de los nodos de demanda de la red.

En cuanto a las redes abiertas, **Saldarriaga (2007)** explica que su principal característica es la ausencia de circuitos cerrados. Este tipo de configuración es común en redes matrices o lineales y es particularmente frecuente en proyectos de saneamiento para zonas rurales, donde los puntos de consumo de agua se encuentran dispersos.

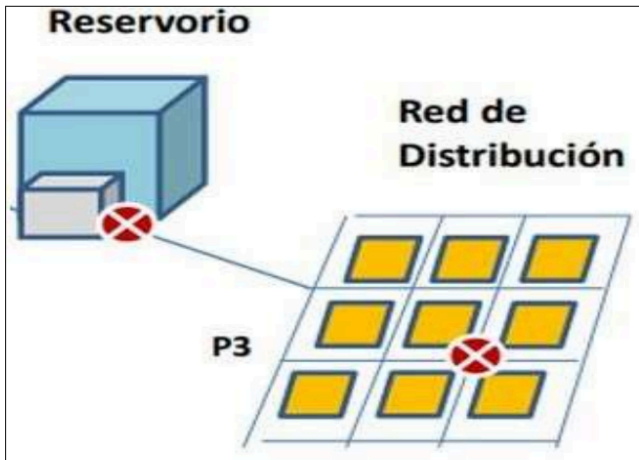
Redes cerradas, de acuerdo con lo expuesto por Saldarriaga (2007), también son conocidas como sistemas con ciclos cerrados y se distinguen por poseer al menos un circuito continuo o loop. En este tipo de configuración, las tuberías forman un esquema cíclico que permite que una misma zona de consumo sea abastecida de manera simultánea por diferentes conducciones, lo que incrementa la seguridad y continuidad del suministro. Este modelo es el que habitualmente caracteriza a las redes de distribución de agua potable en entornos urbanos.

**Figura 1** Sistema de Red con el propósito de abastecimiento del recurso hídrico destinada al uso directo por la población



**Nota:** Planificación y dimensionamiento de infraestructuras destinadas al suministro de agua tratada (<https://pe.images.search.yahoo.com/search/images>)

**Figura 2.** Sistemas de distribución de tipo abierto o ramificado



**Nota:** Tomado y ajustado a partir del programa de incentivos orientado al fortalecimiento de la gestión municipal promovido por el MVCS.

De acuerdo con Valenzuela (2019), la red mixta es aquella cuya estructura combina tanto elementos de redes abiertas como de redes cerradas. Las

directrices para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable se encuentran definidas en la norma técnica R.M. 192-2018, denominada “Alternativas técnicas aplicables a proyectos de saneamiento en zonas rurales” emitida por el MVCS. Esta norma fija los parámetros técnicos que deben considerarse en la elaboración de proyectos de agua y saneamiento básico en zonas rurales, con el propósito de garantizar su sostenibilidad y eficiencia. En el presente estudio se aplican dichos lineamientos, incorporando parámetros calculados con información propia y respetando de manera secuencial lo dispuesto en la normativa.

**Figura 3.** Reglamento técnico actualmente en aplicación



Nota: Tomado de la Resolución Ministerial 192-2018 emitida por el Ministerio de

Vivienda.

De acuerdo con lo establecido en la R.M. 192-2018, “Lineamientos técnicos sobre alternativas de saneamiento diseñadas para áreas rurales” del MVCS, las pautas empleadas en la planificación de sistemas de abastecimiento de agua tratada contemplan como requisito fundamental que el caudal de cálculo no sea inferior al caudal máximo horario (Qmh), parámetro que se emplea como referencia base para el dimensionamiento de dichas redes.

La velocidad mínima de diseño, de ninguna manera podrá ser inferior a 0,30 m/s, siendo recomendable un trecho de velocidad de 0,5 – 1,00 m/s,

además será de 3 m/s la velocidad máxima admisible. El rango de presión mínima de cobertura en cualquier punto de la red y punto de conexión del rango de presión mínima admisible se sitúa entre 5 y 8 m.c.a., mientras que la presión estática de servicio no debe superar valores comprendidos entre 40 y 50 m.c.a.

Las dimensiones de los diámetros deben cumplir con las siguientes especificaciones:

- Se considera apropiado el diámetro que garantice el suministro del caudal requerido y mantenga la presión dentro de rangos aceptables en todas las áreas de influencia hidráulica.
- El valor mínimo establecido para tuberías en redes cerradas es de 25 mm (1"), mientras que en el caso de redes ramificadas se permite una dimensión de tubería no menor a 20 mm (¾").

De acuerdo con la normativa vigente del MVCS, se plantean los criterios técnicos que deben aplicarse en el diseño de sistemas rurales de distribución de agua:

#### ***Sistemas de distribución interconectados en malla.***

La estimación de flujos de agua en los sistemas de conducción cerradas se realiza aplicando la técnica de cálculo poblacional, que se basa en repartir el requerimiento total de agua entre los nodos previstos en el sistema. De este modo, el caudal correspondiente a cada nodo se calcula de la siguiente forma:

$$Q_i = Q_p \times P_i$$

Donde:

**Q<sub>i</sub>**: caudal requerido en un nodo "i", expresado en litros por segundo

**Q<sub>p</sub>**: caudal unitario por habitante, en litros por segundo por persona

**P<sub>i</sub>**: número de habitantes comprendidos en la zona de cobertura del nodo "i"

$$Q_p = Q_t / P_t$$

Donde:

**Q:** caudal de diseño correspondiente al máximo horario (Qmh), expresado en litros por segundo

**P:** número total de habitantes considerados en la proyección de diseño

## **2.2.2. Clasificación Funcional de las válvulas.**

### **2.2.2.1. Válvulas de Aislamiento**

#### **Válvulas de Corte o Sectorización**

Se trata de <sup>24</sup>válvulas ubicadas en la red de distribución de agua potable cuyo propósito es dividir la red en sectores. De esta forma, es posible conformar subsistemas independientes que disminuyen la cantidad de usuarios perjudicados ante interrupciones, fallas, o durante labores de reparación y mantenimiento de sus componentes.

De manera complementaria, las válvulas de cierre contribuyen al aislamiento de posibles focos de contaminación dentro del sistema.

### **2.2.2.2. Válvulas de Control de Presión y Flujo**

#### **Dispositivos reguladores de presión**

Estos dispositivos están diseñados <sup>43</sup>para generar una pérdida de carga específica que permita mantener la presión estable, sin importar la variación de caudal que circule a través de ellos.

#### **Dispositivos de control de caudal**

Su función es permitir el paso de un caudal específico bajo una presión establecida, regulado en función del grado de apertura de la compuerta.

#### **Dispositivos reductores de presión**

Las válvulas reductoras actúan disminuyendo de forma automática la presión en la conducción situada aguas abajo, regulándola a un valor previamente establecido y seguro para las instalaciones conectadas en esa zona de la red.

### **Dispositivos de retención o válvulas de retención**

Se colocan para impedir que el flujo de agua retroceda, lo que podría ocasionar el vaciado de la tubería y provocar daños en las instalaciones bombas o aplastamiento de la tubería.

### **Dispositivos de alivio de presión**

Su función es resguardar la red frente a incrementos de presión ocasionados por fenómenos como la sobrepresión hidráulica producida por cambios bruscos en la conducción o por operaciones incorrectas. Al sobrepasar la presión un valor límite, la válvula entra en acción abriéndose y liberando el exceso para restablecer el equilibrio piezométrico.

#### **2.2.2.3. Válvulas de Drenaje o Purga**

Tal como indica su denominación, se instalan con el propósito de evacuar el agua retenida en la tubería, evitando que el estancamiento deteriore la calidad del recurso hídrico.

#### **2.2.2.4. Válvulas de Control de Salida/ Entrada de Aire**

##### **Ventosas**

Estas válvulas se utilizan para impedir que el aire interrumpa <sup>18</sup> la columna de agua durante la operación de la red, además de permitir su ingreso cuando la conducción se vacía, evitando presiones menores a la atmosférica. La acumulación de aire en las tuberías puede ocasionar inconvenientes como reducción de la capacidad hidráulica, cavitación, sobrepresiones por golpe de ariete, corrosión e incluso fractura de las conducciones.

#### **2.2.3. Clasificación Estructural de las válvulas.**

Dentro de los sistemas encargados de llevar agua tratada, las válvulas más utilizadas son las de compuerta, mariposa y esfera. A continuación, se expone una descripción resumida de sus principales características estructurales.

### 2.2.3.1. Válvulas Mariposas

La válvula tipo mariposa funciona con un giro de un cuarto de vuelta y regula el paso del fluido mediante un disco circular cuyo eje se ubica perpendicular al sentido del flujo. Se emplea principalmente para interrumpir o estrangular caudales elevados de líquidos a bajas presiones (desde 150 psi hasta condiciones de vacío), generando únicamente una leve pérdida de carga en la conducción.

*Figura 4. Válvula Mariposa*

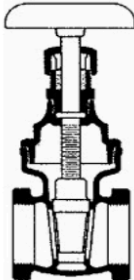


<sup>10</sup>  
**Nota:** Extraído de <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

### 2.2.3.2. Válvulas Compuerta

La válvula de compuerta opera mediante múltiples giros y su cierre se efectúa a través de un disco plano que desciende en posición vertical, sellando el asiento en ángulo recto respecto al flujo. Ofrece una resistencia muy baja al paso del agua y por lo general se utiliza en posiciones completamente abiertas o cerradas, con un accionamiento esporádico.

*Figura 5. Dispositivo de compuerta para control de flujo*

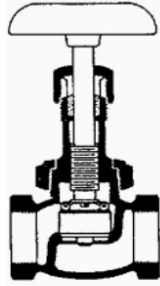


**Nota:** Extraído de <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

### 2.2.3.3. Válvulas Globos

La válvula de globo funciona con varios giros y el cierre se realiza mediante un disco o tapón que interrumpe el paso del fluido al apoyarse sobre un asiento generalmente paralelo a la conducción. Debido a su diseño se recomienda para maniobras poco habituales, ya que genera pérdidas de presión y resistencia significativa en el flujo.

Figura 6. Válvula de Globo

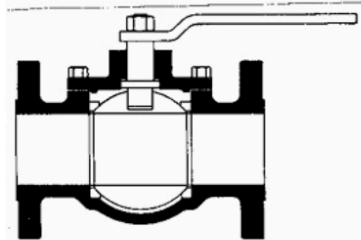


Nota: Extraído de <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

### 2.2.3.4. Válvulas de Bola

Las válvulas de bola operan con un giro de un cuarto de vuelta y cuentan con una esfera perforada que rota entre asientos elásticos. En posición abierta permiten el paso directo del fluido sin obstrucciones, mientras que al girar  $90^\circ$  interrumpen completamente la conducción. Son utilizadas en instalaciones donde se requiere minimizar pérdidas de energía y mantener un flujo libre.

Figura 7. Válvula de Bola

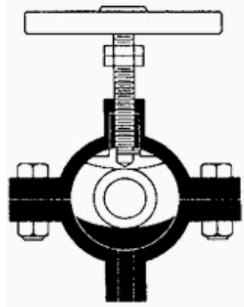


Nota: Extraído de <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

### 2.2.3.5. Válvulas Apriete

La válvula de apriete funciona mediante varios giros y realiza el cierre utilizando componentes flexibles, como tubos de caucho o diafragmas, que al ser comprimidos entre sí interrumpen el paso del fluido.

Figura 8. Válvula de Apriete

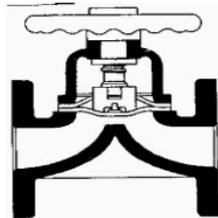


Nota: Extraído de <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

### 2.2.3.6. Válvulas de Diafragma

La válvula de diafragma requiere múltiples vueltas para su operación y cierra el flujo a través de un diafragma elástico fijado a un compresor. Al descender el vástago, el compresor presiona el diafragma contra el asiento, logrando el sellado y la interrupción del fluido.

Figura 9. Válvula de Diafragma

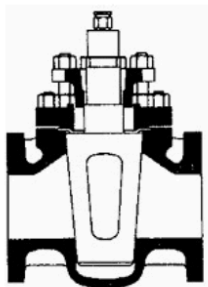


Nota: Extraído de <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

### 2.2.3.7. Válvulas Macho

La válvula tipo macho opera con un giro de un cuarto de vuelta y regula el flujo a través de un cuerpo cónico o cilíndrico perforado en el centro. Al rotarlo 90 grados, pasa de la posición abierta a la cerrada, controlando así el movimiento del líquido. Cierre hermético. Deben estar abiertos o cerrados completamente.

Figura 10. Válvula Macho



Nota: Extraído de <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

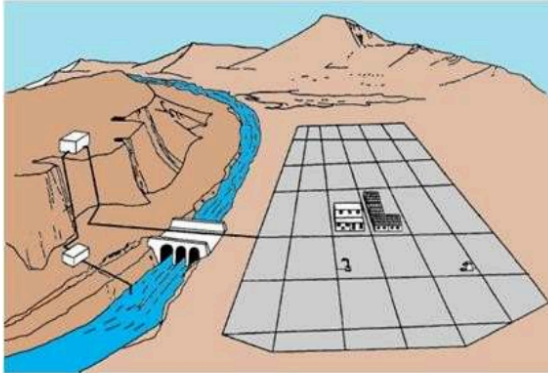
### 2.2.4. Normatividad Nacional

El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE); en normas de Obras de Saneamiento, son considerados para Proyectos en zonas Urbanas, la cual para el efecto del proyecto de investigación se tomará en cuenta la Norma técnica de diseño denominada "Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el ámbito Rural", emitida por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) mediante Resolución Ministerial N° 192 – 2018 – Vivienda – Anexo.

#### 2.2.4.1. Sistemas de conducción y reparto de agua potable

Constituye un elemento esencial del sistema de abastecimiento de agua potable, encargado de transportar el recurso ya tratado hacia cada vivienda mediante tuberías principales, ramales, accesorios y acometidas domiciliarias.

**Figura 11.** Sistemas de abastecimiento y reparto



**Nota:** Extraído de RM N° 192-2018-VIVIENDA-ANEXOS

### **Aspectos básicos a tener en cuenta**

En la planificación técnica del sistema de abastecimiento deben observarse los aspectos que se detallan a continuación:

- ✓ El dimensionamiento de las redes de distribución debe efectuarse tomando como referencia el caudal máximo horario (Qmh).
- ✓ Las conducciones principales en redes cerradas no deben presentar diámetros inferiores a 25 mm (1"), mientras que en sistemas abiertos se permite un diámetro mínimo de 20 mm (¾") en los ramales.
- ✓ En los puntos de cruce de tuberías no se autoriza el uso de accesorios en forma de cruz, debiendo ejecutarse las uniones únicamente mediante piezas en "Tee", asegurando que la conducción principal corresponda al tramo recto con dimensiones superiores. Asimismo, las secciones de tubería de las piezas en "Tee" deben coincidir con los de las tuberías conectadas, evitando así la necesidad de utilizar reducciones adicionales, siempre que dichas piezas se encuentren

disponibles en el mercado.

- ✓ Los conductos instalados para garantizar el abastecimiento de agua tratada deben instalarse a un nivel superior respecto a otras conducciones existentes, como las que transportan aguas grises.

#### **Rangos de velocidad permitidos**

En el diseño de <sup>45</sup> la red de distribución se deberán atender los siguientes criterios:

- ✓ La velocidad mínima del flujo no debe ser inferior a 0,60 m/s, estableciéndose 0,30 m/s como el límite más bajo permitido en circunstancias excepcionales.
- ✓ El valor máximo aceptado para la velocidad del agua en la red es de 3 m/s.

#### **Disposición del trazado de la red**

El recorrido de la red debe proyectarse, en la medida de lo posible, sobre terrenos de uso público, evitando zonas que presenten riesgos o vulnerabilidades.

#### **Especificaciones de los materiales empleados**

<sup>14</sup> Las tuberías de la red de distribución deben fabricarse en PVC y ser compatibles con los accesorios utilizados en las acometidas domiciliarias.

#### **Condiciones de presión operativa**

En cuanto a el sistema de conducción y reparto, deberán cumplirse las disposiciones que se detallan a continuación:

- ✓ La presión operativa mínima requerida <sup>7</sup> en cualquier punto de la red de distribución o en la línea de alimentación no puede ser inferior a <sup>11</sup> 5 metros de columna de agua (m.c.a.).
- ✓ El valor máximo permitido para la presión estática se establece en 60 metros de columna de agua (m.c.a.).

Cuando resulte indispensable para mantener las presiones reglamentarias, se deberá contemplar la instalación de cámaras distribuidoras de caudal y reservorios principales que permitan dividir la red en distintos sectores de presión.

#### **Lineamientos técnicos de diseño**

Se distinguen fundamentalmente dos configuraciones de redes:

##### **a. *Sistemas de distribución con configuración en malla***

Este tipo de redes se caracteriza por la interconexión de tuberías que conforman circuitos cerrados o estructuras reticulares. Cada tramo que conecta dos nodos debe estar diseñado de manera que pueda ser aislado y drenado de forma independiente, permitiendo ejecutar reparaciones sin interrumpir el funcionamiento de toda la red. Para ello, es necesario instalar válvulas de corte en las salidas de cada nodo.

El dimensionamiento de la tubería principal o de la línea de alimentación debe asegurar las condiciones hidráulicas necesarias para mantener las presiones mínimas de servicio en toda la red de distribución.

El cálculo de los caudales en las redes con configuración en malla se efectúa aplicando la técnica de estimación basada en la concentración poblacional, que consiste en repartir el caudal total requerido por la población entre los distintos nodos correspondientes a la demanda estimada.

El caudal correspondiente en un punto de la red se establece mediante la siguiente expresión:

$$Q_i = Q_p * P_i$$

Donde:

Qi: Flujo correspondiente al nodo "i", expresado en litros por segundo.

$Q_p$ : Dotación unitaria por habitante medida en litros por segundo por persona.

$$Q_p = \frac{Q_t}{P_t}$$

5  
Donde:

$Q_t$ : Caudal Máximo Horario en l/s.

$P_t$ : número total de habitantes contemplados en el proyecto.

$P_i$ : cantidad de población ubicada dentro del área de influencia correspondiente al nodo "i".

La evaluación hidráulica de un sistema de abastecimiento puede llevarse a cabo mediante la técnica de cálculo de Hardy Cross o utilizando otros procedimientos equivalentes de cálculo.

El diseño de las redes malladas está regido por dos principios fundamentales:

- ✓ La suma de los caudales que ingresan a un nodo debe ser equivalente al caudal que lo abandona.
- ✓ La pérdida de energía entre dos puntos, independientemente del recorrido considerado, debe ser idéntica.

Al combinar estas condiciones con las relaciones entre caudal y pérdida de carga se generan sistemas de ecuaciones que pueden resolverse aplicando diversos métodos de balance hidráulico.

En el análisis de redes en anillo se aceptan márgenes máximos de error de cierre:

- ✓ Una diferencia máxima de 0,10 m.c.a. en la disminución de la carga hidráulica permitida dentro de cada circuito cerrado, condición que tiene que garantizarse de manera simultánea en toda la red.

✓ Un error máximo de 0,01 l/s en el balance de caudal por malla, exigencia que igualmente debe cumplirse de forma simultánea en todas las mallas del sistema.

Para el dimensionamiento de los ramales se sugiere considerar un caudal mínimo de 0,10 l/s. Asimismo, la presión operativa (OP) en cualquier punto de la red no debe ser inferior al 75% de la presión de diseño (DP) correspondiente a ese punto específico.

En este tipo de redes, al igual que en las configuraciones ramificadas, es obligatorio anexar una memoria de cálculo en la que se presenten los diferentes escenarios analizados, especificando lo siguiente:

- ✓ Considerando el caudal más bajo.
- ✓ Flujo de mayor magnitud.
- ✓ Valores de nivel más bajo de presión hidráulica alcanzados.
- ✓ Valores de nivel más altas de presión hidráulica registrada.

**b. Sistemas de distribución en forma de ramales**

Se compone de conductos los cuales parten de una conducción principal adoptando una disposición ramificada, recomendada en sistemas con menos de 30 acometidas domiciliarias.

La estimación del flujo en cada ramal de una red ramificada se efectúa aplicando el método probabilístico, el cual considera tanto el número de puntos de consumo como el coeficiente de simultaneidad. La expresión es la siguiente:

$$Q_{ramal} = K * \sum Q_g$$

Siendo:

Qramal: caudal correspondiente a cada derivación de la red, expresado en litros por segundo.

K: factor de simultaneidad, con valores comprendidos entre 0,2 y 1.

$$K = \frac{1}{\sqrt{X - 1}}$$

Donde:

X: total de conexiones o grifos ubicados en el área abastecida por cada ramal.

Qg: caudal unitario asignado a cada grifo, expresado en l/s, con un valor mínimo de 0,10 l/s.

En el caso de seleccionar una red destinada al abastecimiento de piletas públicas, el caudal deberá determinarse aplicando la siguiente fórmula:

$$Q = N \times DC \times C$$

Siendo:

Qpp: caudal máximo estimado para cada pileta pública, expresado en litros por hora.

N: número de habitantes asignados a cada pileta, estableciéndose que un grifo no debe atender a más de 25 usuarios.

Dc: Consumo medio asignado por persona, expresado en litros por habitante por día.

Cp: coeficiente que representa las pérdidas por desperdicio, con valores comprendidos entre 1,10 y 1,40.

Ef: rendimiento del sistema, calculado en función de la calidad de tuberías y accesorios empleados, con un rango de variación entre 0,7 y 0,9.

Fu: coeficiente de utilización, expresado como  $Fu = 24/t$ . Su valor está condicionado por aspectos como hábitos locales, jornadas laborales o condiciones climáticas, y se determina considerando el número efectivo número de horas de

funcionamiento (t). Generalmente, fluctúa entre 2 y 12 horas diarias.

El flujo de agua destinado a cada pileta pública no puede ser inferior a 0,10 l/s bajo ninguna circunstancia.

El diseño hidráulico en los sistemas de configuración abierta o ramificada corresponde a efectuarse aplicando las expresiones indicadas en el ítem 2.4 "Línea de Conducción (Criterios de Diseño)" de esta sección del estudio, considerando los siguientes aspectos:

- ✓ Es aceptable asumir que el caudal se distribuya de manera uniforme a lo largo de cada uno de los tramos de la red.
- ✓ La pérdida de energía en un ramal puede calcularse tomando como referencia el caudal existente en su extremo final.
- ✓ Si debido a las condiciones de la población se genera un consumo importante a lo largo del trazado de la tubería, este punto deberá contabilizarse como un nodo adicional dentro de la red.

Para el dimensionamiento para las derivaciones de la red se recomienda tomar como referencia un caudal mínimo de 0,10 l/s.

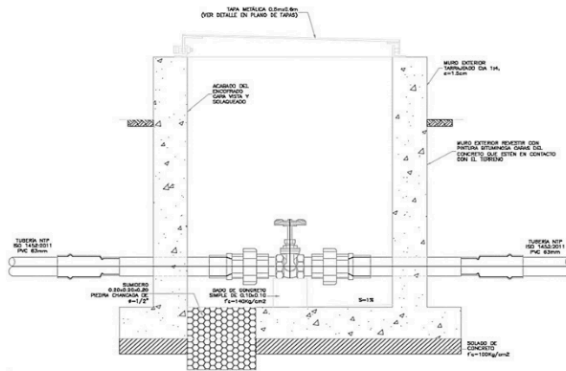
#### **2.2.4.2. Válvula de Control**

- ✓ Las cámaras destinadas a la instalación de válvulas de control deben facilitar tanto su construcción como la adecuada operación y mantenimiento del sistema, permitiendo además la regulación del caudal en distintos sectores de la red de distribución.
- ✓ La infraestructura que contiene la válvula estará construida en concreto simple con una resistencia de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
- ✓ Los accesorios empleados deberán estar fabricados en bronce y PVC.

- **Informe técnico de dimensionamiento hidráulico**

- ✓ La localización y número los dispositivos de regulación se establecen con la finalidad de permitir el aislamiento de determinados tramos de la red cuando sea necesario ejecutar reparaciones o ampliaciones.
- ✓ En asentamientos con alta densidad poblacional se debe instalar un dispositivo de acceso al sistema, además de aquellos lugares en los que se presente una tubería secundaria de conexión.
- ✓ Se sugiere que la cámara cuente con una sección interna mínima de 0,60 x 0,60 m, lo que facilita su construcción y asegura el espacio necesario para alojar los componentes.
- ✓ La tapa de la cámara debe ser hermética y desmontable, a fin de facilitar las labores de mantenimiento.

**Figura 12.** Cámara destinada a la <sup>15</sup> *instalación de válvulas de control en redes de distribución*



Nota: Extraído de RM N° 192-2018-VIVIENDA-ANEXOS

### 2.2.4.3. Clases de dispositivos para corte de flujo

Se trata de mecanismos hidráulicos diseñados para autorizar o restringir, según se requiera, el paso del agua en una conducción, entre ellos se encuentran:

**a) Dispositivos tipo compuerta**

- Los dispositivos de compuerta suelen emplearse principalmente en conducciones donde el flujo es continuo y las pérdidas de carga son mínimas. Su funcionamiento está limitado a posiciones de apertura o cierre total, sin posibilidad de regulación intermedia.
- Este tipo de válvulas puede fabricarse en metales dúctiles de alta resistencia, contar con asiento elástico y tienen que cumplir con las especificaciones técnicas establecidas en la normativa aplicable.
- Las válvulas de compuerta deberán cumplir además con las siguientes especificaciones técnicas complementarias:

**b) Válvulas de mariposa**

- Estas válvulas están diseñadas para operar en condiciones de presión relativamente bajas y se fabrican <sup>1</sup> en hierro fundido con asiento elástico (NTP ISO 10631:1998). En situaciones donde el espacio disponible impida colocar un dispositivo tipo compuerta, o en sistemas particulares, deben utilizarse válvulas de mariposa, especialmente en líneas con diámetros mayores a 1".
- Se definen a continuación requisitos técnicos adicionales que deben cumplirse.

Siempre que no existan impedimentos, estos dispositivos deben instalarse con su eje en orientación vertical, de manera que el objetivo de impedir la acumulación de sedimentos o partículas extrañas que puedan ser arrastradas por el flujo en el fondo de la tubería y comprometer el sellado.

Cuando una válvula de mariposa se emplea con fines de regulación, debe evitarse la cavitación, fenómeno que ocurre si la presión absoluta aguas abajo desciende por debajo del valor correspondiente a la pérdida de presión dentro del mecanismo de cierre. Para prevenirlo, es fundamental identificar en cada

caso de aplicación los coeficientes de caudal ( $K_v$ ) en apertura total, así como el diagrama funcional del dispositivo de control, que refleja la variación del  $K_v$  en función del grado de apertura del obturador.

**c) Válvulas de esfera**

Los dispositivos de cierre y regulación fabricadas en una sola pieza suelen ser de tamaño reducido y con paso limitado. En el caso de las de dos piezas, presentan generalmente un paso estándar y permiten realizar reparaciones. Las válvulas compuestas por tres piezas ofrecen mayor versatilidad, ya que posibilitan desmontar con facilidad la esfera, el asiento o el vástago al encontrarse en el cuerpo central, lo que simplifica la limpieza de depósitos y el reemplazo de componentes dañados sin necesidad de retirar los elementos de conexión.

**d) Válvulas tipo globo**

Las válvulas de globo permiten controlar el caudal de agua y, en aquellos casos en que disponen de asiento flexible, garantizan un cierre hermético. Son comúnmente utilizadas en acometidas domiciliarias. Su principal ventaja radica en la capacidad de regulación, aunque presentan como desventaja la generación de pérdidas de carga que deben considerarse en el diseño hidráulico.

**2.2.5. Modelos Matemáticos**

Las ecuaciones básicas utilizadas en el análisis de sistemas de conducción y reparto del recurso hídrico se fundamentan en los fundamentos de conservación de la materia y de la energía. Sin embargo, es indispensable precisar las hipótesis empleadas en su formulación, entre ellas, la suposición de que las tuberías mantienen uniformidad en su material, espesor y sección transversal en todo su recorrido (Cabrera, García-Serra y Martínez, 1996).

### **Ecuación de continuidad o principio de conservación de masa**

Esta formulación establece la variación temporal de la masa dentro de un volumen de control definido. De acuerdo con este principio, la cantidad de masa que ingresa en la tubería debe ser igual a la que egresa. Para su análisis se utilizan dos enfoques: el diferencial y el integral. El primero permite determinar propiedades puntuales en el conjunto, como la rapidez puntual del fluido, mientras que el segundo se destina a emplear para estimar parámetros promedios de variables, tales como la rapidez media en un tramo transversal.

$$\sum_1^{NT} Q_i - U - \frac{ds}{dt} = 0 .$$

Donde:

$Q_i$  = volumen de agua que ingresa al nodo, expresado en unidades de caudal [L<sup>3</sup>/T]

$U$  = caudal de consumo o utilización de agua en el nodo [L<sup>3</sup>/T]

$ds/dt$  = Variación en la cantidad de agua almacenada [L<sup>3</sup>/T]

Esta ecuación se utiliza tanto en cada nodo de la red como en los componentes de almacenamiento, tales como depósitos o tanques reguladores.

### **Ecuación de energía**

El principio que explica este fenómeno se describe mediante la ecuación de Bernoulli. En ella se establece que, cuando la sección de paso del flujo se reduce, la presión disminuye mientras que la energía cinética aumenta como resultado de la conversión de la carga de presión. Dicha formulación se emplea entre dos posiciones de la conducción y contempla además las pérdidas que

ocurren durante el recorrido, como las ocasionadas <sup>8</sup> por la fricción de las paredes de la tubería.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 * V_1^2}{2 * g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 * V_2^2}{2 * g} + Z_2 + K_L$$

Siendo:

$\gamma$  = densidad relativa del líquido, expresado en kN/m<sup>3</sup>

$\alpha_1$  y  $\alpha_2$ : coeficiente de corrección asociado a la capacidad de movimiento del flujo.

$g$  = aceleración debida a la gravedad

$Z_1$  y  $Z_2$ : altura o nivel de elevación respecto a la superficie tomada como base de comparación (m)

<sup>19</sup>  $K_L$ : pérdida de carga a lo largo de la conducción (m)

#### Formulación destinada a estimar la pérdida de energía hidráulica

<sup>43</sup> Cuando un fluido circula por una tubería se producen <sup>36</sup> pérdidas de energía originadas por la fricción con las paredes, las cuales se expresan como <sup>7</sup> energía por unidad de peso del fluido en movimiento. Este fenómeno se denomina pérdida de carga y se mide en unidades de <sup>1</sup> longitud. Las pérdidas **más comunes son las lineales, que** aparecen por la interacción directa entre el fluido y la superficie interna de la conducción. Para cuantificarlas existen diversas ecuaciones. La expresión de Darcy-Weisbach puede aplicarse a todo tipo de líquido en circulación independientemente de su viscosidad, temperatura o régimen de flujo, aunque en la práctica se utiliza poco <sup>25</sup> debido a la complejidad que implica **calcular el factor de fricción**

$$hf = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

1 donde el  $f$ , según Colebrook White para un régimen turbulento rugoso:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{\frac{\epsilon}{D}}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right].$$

1 La ecuación de Hazen-Williams es la más empleada en la planificación de sistemas hidráulicos presurizados, ya que resulta más sencilla de aplicar que la de Darcy-Weisbach. No obstante, al ser una formulación empírica presenta restricciones, especialmente en relación con los rangos de rugosidad, diámetros y otras variables. En cuanto a los valores de rugosidad, se recomienda utilizar un coeficiente de 100 en condiciones normales, 50 en tuberías con corrosión y 150 en conducciones lisas como las de material 25 plástico o vidrio (Corcho Romero & Duque Serna, 2005).

$$h_f = 10.674 * L * D^{-4.871} * \left( \frac{Q}{C_{HW}} \right)^{1.852} ..$$

Finalmente, la ecuación de Chezy-Manning constituye la referencia principal para el análisis de flujos a superficie libre, como los que se presentan en canales y en tuberías de gran diámetro funcionando a sección parcial o total. Su aplicación depende tanto del coeficiente de rugosidad del material como del régimen hidráulico del sistema.

$$h_f = 10.294 * L * n^2 * D^{-5.33} * Q^2 .$$

### 1 Dinámica del comportamiento hidráulico

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (2016), el transporte de un fluido entre dos puntos se realiza a través de tuberías. En este contexto, un nodo corresponde a la unión entre conductos y también puede constituir un lugar de captación para uso directo. En los estudios de redes hidráulicas, una tubería se considera un conducto cerrado cuya longitud es conocida y cuyos extremos se representan como nodos. Para evaluar el desempeño

hidráulico de un sistema de abastecimiento, considerando diámetros, longitudes y coeficiente de fricción definidos, es indispensable calcular las presiones en los puntos de conexión y en las magnitudes de velocidad de circulación en las tuberías.

#### **Esquemas de simulación aplicados a sistemas de conducción hidráulica**

Una representación conceptual puede definirse como una reproducción esquemática, ya sea física o conceptual, de un sistema o estructura con el propósito de analizar, describir, simular o explorar procesos y fenómenos. En este sentido, un modelo hidráulico es la reproducción conceptual de una infraestructura hidráulica con el objetivo de anticipar la dinámica del agua dentro del sistema. Para lograrlo, se emplean esquemas numéricos sustentados en supuestos y vínculos entre variables que permiten describir fenómenos físicos, los cuales en muchos casos no pueden resolverse únicamente con ecuaciones analíticas, sino a través de aproximaciones computacionales (Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2002). La simulación de redes encargados del suministro del recurso hídrico, conocida como SDA, consiste en calibrar características físicas de los componentes y ajustar la demanda en cada nodo (Walski, 2003).

La clasificación de los esquemas de simulación son aplicados en dos categorías principales:

- **Representación física del sistema:**

Ríos (2014) señala que un modelo físico corresponde a la reproducción material de un fenómeno, cuyo propósito es observar, analizar y controlar el comportamiento que tendría al ser implementado en condiciones reales. Este procedimiento permite validar las propuestas iniciales y, en caso necesario, introducir modificaciones o rediseños que garanticen un mejor desempeño a futuro.

- **Representación matemática del sistema:**

Ramírez (2016) define el modelo matemático como un procedimiento que permite simular el comportamiento de un fenómeno a través de expresiones matemáticas que representan la interacción entre variables, parámetros y restricciones del sistema. Dichas ecuaciones, formuladas en función de variables previamente definidas, posibilitan reproducir diferentes escenarios y, según el objetivo planteado y la estructura del modelo, estimar valores futuros de las variables de interés.

**1** **Tabla 1.** Análisis comparativo entre modelos físicos y modelos matemáticos

MODELO FÍSICO	MODELO NUMÉRICO
Dimensión del modelo (espacio en el laboratorio).	Recursos Computacionales.
Caudal del Flujo.	Rapidez del procedimiento.
Carga hidráulica (disponibilidad de carga).	Organización de Formulas
Leyes de paralelismo	12 hipótesis de turbulencias
Escala Mínima del modelo.	En ecuación de simplificación:
	- Precisión de relaciones supuestas.
	- Obtención de los coeficientes.
Metodología de tamaño y obtención de datos.	Estabilidad numérica, convergencia de cálculo numérico.

Nota: "Modelación Hidráulica", Biblioteca Virtual UDEP, 2017

- **Proceso de simulación del comportamiento hidráulico**

Según Córdoba y Zelaya (2017), el concepto del esquema de una red hidráulica se entiende como la representación matemática de una infraestructura real de abastecimiento del recurso hídrico. Dicha herramienta permite reproducir y anticipar el comportamiento del sistema, posibilitando la simulación de escenarios, la corrección de deficiencias y la identificación de alternativas óptimas de solución.

La modelación hidráulica de un sistema de provisión de agua tratada busca como objetivo analizar, anticipar y definir su

desempeño en distintas condiciones espaciales y temporales. Esto permite identificar el comportamiento del sistema en diversos escenarios y, con base en ello, tomar decisiones adecuadas que garanticen su funcionamiento eficiente.

Los primeros modelos matemáticos utilizados para describir los procesos que se presentan en sistemas de suministro de agua fueron planteados por Hardy Cross en 1936. A partir de ese momento, estas herramientas han experimentado una evolución constante, pasando de formulaciones empíricas que podían resolverse manualmente, hasta llegar a sofisticados modelos computacionales actuales que logran representar con gran precisión el funcionamiento virtual de las redes de agua potable.

**Tabla 2.** Evaluación de las Aplicaciones de los Modelos

	1930s	1960s	1970s	1980s	1990s		
Análisis		Comienzo del uso de computadoras para el análisis de redes hidráulicas	Acceso a herramientas de modelación hidráulica	Desarrollo de modelos hidráulicos de flujo estático en redes de agua	Introducción de modelos dinámicos para simular el comportamiento del flujo de agua	Evolución hacia modelos de simulación de flujo en periodos prolongados	Implementación de sistemas integrados de modelación con soporte topográfico, capaces de monitorear contaminantes en función de la dimensión temporal y espacial

Nota: Cuadro tomado de Córdoba y Zelaya (2017).

En la actualidad se dispone de programas de simulación avanzados que destacan por su eficiencia y por contar con interfaces intuitivas, lo que permite que sean utilizados incluso por usuarios con formación básica. Estos modelos facilitan el análisis y la obtención de parámetros hidráulicos fundamentales para evaluar la operatividad de una red de suministro hídrico. En años recientes, además, se han desarrollado herramientas especializadas que se adaptan al propósito del estudio, pudiendo clasificarse en modelos de planificación, de operación y de diseño.

### **Programas computacionales para la modelación hidráulica**

En lo que respecta a la modelación hidráulica, se dispone de diversas aplicaciones informáticas con características particulares que simplifican el trabajo del usuario. Entre las más representativas se encuentran:

- <sup>12</sup>GISRED 2.0, desarrollado por el grupo REDSHIP de la Universidad Politécnica de Valencia (España), fue concebido como una extensión de ArcView GIS 3.2. Su finalidad es realizar modelación de redes hidráulicas directamente desde <sup>1</sup>un sistema de información geográfica (GIS). De acuerdo con Martínez y Bartolin (2015), su principal valor añadido es la integración de herramientas SIG con capacidades de simulación y optimización hidráulica, lo que lo convierte en una opción adecuada para el análisis y la toma de decisiones en redes de distribución.
- KYPIPE 2000, es un software orientado al cálculo hidráulico tanto en estado estático como dinámico (EPS). Se utiliza en procesos de calibración, diseño y operación de redes. Aunque sus cálculos se basan principalmente en la ecuación de Hazen-Williams, también permite integrar <sup>12</sup>los métodos de Darcy-Weisbach y Colebrook-White. Adicionalmente, ofrece la posibilidad de editar información y de ingresar datos de forma.
- EPANET, constituye una herramienta que modela matemáticamente los componentes físicos de una red de conducción y reparto del recurso hídrico. De acuerdo con Saldarriaga (2007), permite realizar el análisis hidráulico utilizando expresiones <sup>1</sup>empíricas como Hazen-Williams, Darcy-Weisbach o Chezy-Manning para calcular pérdidas de pérdida de energía a causa de la fricción. Este software aplica el método del gradiente utilizado para solucionar de forma precisa la red de distribución. Entre sus principales ventajas se encuentran la facilidad para ejecutar cálculos iterativos, la evaluación del consumo y del gasto energético, así como el análisis de la

calidad del agua en distintos escenarios.

- WATERCAD, desarrollado por la compañía Bentley, permite realizar análisis hidráulicos de redes de agua potable y de cualquier fluido de tipo newtoniano. Este software contempla diversos parámetros de operación de los componentes del sistema y amplía sus funcionalidades hacia la gestión de cronogramas, estimación de costos, procesos de calibración, optimización del diseño, integración con sistemas SCADA y interoperabilidad con diversas bases y entornos de información. Todo ello lo convierte en una herramienta que contribuye significativamente a mejorar la eficiencia y productividad en proyectos hidráulicos.
- En cuanto al cálculo de parámetros, WATERCAD emplea el método del gradiente, lo que le otorga la capacidad de realizar procesos iterativos con gran rapidez y en periodos de tiempo reducidos.

### Periodo de Vida Útil

Tabla 3. Vida útil de los componentes sanitarios

COMPONENTE	TIEMPO EN AÑOS
Recurso hídrico	20 años
Estructura de captación	20 años
Fuente subterránea	20 años
PTAP	20 años
Estructura de almacenamiento	20 años
Red de conducción, aducción, impulsión y distribución	20 años
Infraestructura de bombeo	20 años
Equipos de bombeo	10 años
UBS (con sistema hidráulico)	10 años
UBS (pozo seco)	5 años

Fuente: Reglamento aprobado por el MVCS para zonas rurales

**Periodo durante el cual la población beneficiaria puede ser atendida de manera adecuada:**

La estimación se realizará aplicando la siguiente ecuación matemática

$$P_d = P_i * \left(1 + \frac{r * t}{100}\right)$$

Siendo:

Pi: cantidad de beneficiarios considerados al inicio del proyecto

Pd: población proyectada para la cual fue dimensionado el sistema

R: tasa anual de crecimiento o decrecimiento poblacional expresada en porcentaje.

T: <sup>8</sup> número de años durante los cuales se espera que el sistema opere en condiciones adecuadas

**Se debe considerar:**

La tasa anual de crecimiento o reducción poblacional debe obtenerse a partir de los datos censales correspondientes al ámbito específico del estudio.

En caso de no disponer de información directa del área en análisis, se puede utilizar como referencia la tasa de crecimiento de poblaciones con características semejantes o, en su defecto, recurrir al valor reportado para la jurisdicción superior inmediata.

Cuando la tasa anual refleje únicamente disminución poblacional, deberá considerarse una proyección final coherente con la población inicial. De ser necesario, se recomienda solicitar validación o consulta a la entidad competente, como el INEI.

Asimismo, para complementar el análisis demográfico es preciso efectuar un registro detallado de cada familia beneficiaria en el área de estudio, validado y certificado por las autoridades locales correspondientes.

**Dotación:** se entiende como la cantidad de <sup>31</sup> litros de agua por persona al día que se requiere para cubrir las necesidades básicas de cada integrante de una familia. Su determinación <sup>50</sup> depende de la tipología tecnológica utilizada para la evacuación de aguas residuales, la cual debe estar definida y aprobada conforme a los lineamientos establecidos por el MVCS en el capítulo cuarto del reglamento de saneamiento en zonas rurales. Las cantidades

específicas de agua, de acuerdo con la tecnología empleada y el área de intervención, se presentan en la tabla siguiente.

**Tabla 4.** Volumen de agua asignado en función de la tecnología sanitaria utilizada y del ámbito geográfico (l/hab/día)

REGIÓN	CANTIDAD DE AGUA DEACUERDO A LA TIPOLOGIA TECNOLÓGICA (l/hab/d)	
	NO CUENTA CON SISTEMA HIDRAULICO	CUENTA CON SISTEMA HIDRAULICO
COSTA	60	90
SIERRA	50	80
SELVA	70	100

Fuente: Norma emitida por el MVCS que regula el saneamiento en áreas rurales

En el caso de instituciones educativas rurales, el volumen de agua a considerar se establece en la tabla siguiente:

**Tabla 5.** De acuerdo con la categoría del nivel educativo

DESCRIPCIÓN	DOTACIÓN (l/alumno)
Educación primaria e inferior (sin residencia)	20
Educación secundaria y superior (sin residencia)	25
Educación en general (con residencia)	50

Fuente: Reglamento aprobado por el MVCS para el saneamiento en zona rural

Cantidad de agua para unidades familiares cuando la fuente de abastecimiento es la lluvia: Tomaremos la cantidad de 30 l/hab.d.

El volumen señalado corresponde únicamente al consumo directo y al uso en la preparación de alimentos; adicionalmente debe contemplarse el agua destinada a la higiene personal. En todos los casos, la tipología tecnológica empleada para la disposición de aguas residuales debe ser sin sistema hidráulico.

**Diferencias en el consumo:**

Consumo máximo diario (Q<sub>md</sub>): se obtiene multiplicando por 1,3 el gasto promedio diario anual (Q<sub>p</sub>), el cual representa el consumo medio de un año:

$$Q_p = \frac{Dot \times P_d}{86400}$$

$$Q_{md} = 1,3 \times Q_p$$

Siendo:

Qp: consumo promedio diario anual expresado en l/s

Qmd: valor del mayor consumo diario en l/s

Dot: dotación, entendida como la cantidad de litros de agua por persona al día para cubrir las necesidades básicas de cada integrante de una familia (l/hab/día)

Pd: población beneficiaria prevista en el diseño del sistema

Consumo máximo horario, que debe calcularse como el doble del consumo promedio diario anual (Qp), de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Q_p = \frac{Dot \times P_d}{86400}$$
$$Q_{mh} = 2 \times Q_p$$

Siendo:

Qp: caudal medio correspondiente al consumo diario anual, expresado en litros por segundo

Qmh: caudal máximo horario, en litros por segundo

Dot: dotación, definida como la cantidad de agua en litros por persona al día requerida para satisfacer las necesidades básicas de cada integrante de la familia (l/hab/día)

Pd: población proyectada como beneficiaria en el diseño del sistema

### 2.3. Definiciones Conceptuales.

- ✓ **Consumo doméstico:** Se entiende como el volumen promedio de agua consumido en una vivienda, el cual está condicionado por factores como el clima, la situación socioeconómica de los usuarios y otros aspectos relacionados, entre ellos la presión del servicio, la existencia de sistemas de disposición de excretas y el costo del suministro de agua (Terán, 2012).
- ✓ **Caudal de diseño:** Corresponde al caudal utilizado para dimensionar las distintas estructuras hidráulicas de un sistema de agua potable. En el caso de la red de distribución, se emplea el caudal máximo horario, calculado a partir de la demanda total multiplicada por un coeficiente

de **variación horaria** e incorporando, además, los consumos por incendios y otros requerimientos adicionales (Terán, 2012).

- ✓ **1 Caudal máximo diario:** Volumen **de agua** correspondiente al **día de** mayor **consumo** anual (RM N° 192-VIVIENDA-ANEXOS, 2018).
- ✓ **23 Caudal máximo horario:** Caudal registrado en la **hora de** mayor demanda durante **el día de máximo consumo** anual (RM N° 192-VIVIENDA-ANEXOS,2018).
- ✓ **Demanda:** Se refiere al volumen de agua requerido para satisfacer las necesidades de una población determinada, calculado con base en la población proyectada y considerando consumos que varían según el clima y las condiciones socioeconómicas, a fin de dimensionar los componentes hidráulicos del sistema (Terán, 2012).
- ✓ **Dotación:** La dotación se define como el volumen promedio de agua asignado a cada habitante para su consumo en un día típico anual, **1 expresado en litros por habitante por día (l/hab/día)**. Este valor contempla tanto los consumos directos como las pérdidas físicas en el sistema. La dotación está influenciada por el clima y la situación socioeconómica de cada localidad. Puede determinarse mediante estudios de demanda en áreas con micromedición o, en zonas donde no existan registros, a partir de tablas de referencia elaboradas por las entidades del sector en base a proyectos similares previamente ejecutados (Terán, 2012).
- ✓ **Funcionalidad hidráulica de válvulas:** Es la capacidad operativa de una válvula para cumplir funciones de control de flujo, seccionamiento, regulación de presión o evacuación de aire, de acuerdo con los requerimientos técnicos del sistema (RNE S090, 2018).
- ✓ **Nodo:** En la configuración estructural de una red hidráulica, donde un nodo se define como un punto de conexión que puede encontrarse constituido a partir de la conexión de varias conducciones. También puede funcionar como punto de ingreso o salida de agua en el sistema, asignándose un caudal positivo para las entradas y un caudal negativo para las salidas. Sus principales características son las cotas conocidas

y la presencia de flujos de ingreso o descarga (Egea, 2013).

- ✓ **Tubería:** El conducto es un conductor lineal en la estructura de una red hidráulica que conecta dos puntos. En los modelos hidráulicos se supone que permanece completamente lleno de agua y puede representarse como abierto o cerrado al flujo, limitando además la circulación a un único sentido sin requerir la incorporación de válvulas adicionales. Sus parámetros característicos incluyen el caudal, la dimensión nominal, extensión representada y factor de aspereza (Egea, 2013).
- ✓ **Válvulas:** Un componente específico dentro de la configuración de la red hidráulica corresponde a las válvulas, que en los modelos se representan con diferentes funciones como la reducción o sostenimiento de presión, la limitación de caudal, entre otras. En programas como EPANET existen varias tipologías (válvulas reductoras, sostenedoras de presión, limitadoras de caudal, etc.), cuyo comportamiento es configurado por el usuario en función de los requerimientos del modelo (Egea, 2013).
- ✓ **Nivel freático:** <sup>1</sup>Corresponde al nivel superior de una capa freática o de un acuífero, cuya distancia es medida desde dicho nivel superior hasta el nivel del suelo (RM N° 192-VIVIENDA-ANEXOS, 2018).
- ✓ **Nivel dinámico:** Profundidad comprendida entre la superficie del terreno y el nivel alcanzado por el agua en un pozo durante la operación de bombeo (RM N° 192-VIVIENDA-ANEXOS, 2018).
- ✓ **Nivel de servicio:** <sup>34</sup>Se refiere a la modalidad de prestación del servicio de agua al usuario, la cual puede clasificarse en servicio público o en servicio domiciliario (RM N° 192-VIVIENDA-ANEXOS, 2018).
- ✓ **Nivel estático:** <sup>1</sup>Profundidad medida desde la superficie del terreno hasta el nivel freático en un pozo sin la influencia del bombeo, aplicable a acuíferos libres (RM N° 192-VIVIENDA-ANEXOS, 2018).
- ✓ **Nivel piezométrico:** Altura entre la superficie del terreno y el nivel de agua estático en un pozo no sometido a bombeo, correspondiente a acuíferos confinados o semiconfinados (RM N° 192-VIVIENDA-

ANEXOS, 2018).

- ✓ **Parámetros Hidráulicos:** Son las variables físicas que describen el comportamiento del agua en movimiento dentro de un sistema de tuberías, tales como el caudal, la presión, la velocidad de circulación y las pérdidas de energía por fricción. Estos parámetros permiten determinar la capacidad y eficiencia del sistema (Mays, 2004).
- ✓ **Pérdida de carga unitaria (ha):** Hace alusión a la disminución de energía que experimenta el agua al desplazarse por una tubería debido a la fricción con el material del conducto, expresada en metros por kilómetro o en metros por metro de longitud (RM N° 192-VIVIENDA-ANEXOS, 2018).
- ✓ **Pérdida por tramo (Hf):** Corresponde al resultado de multiplicar la pérdida de carga unitaria por la longitud del tramo de conducción analizado (RM N° 192-VIVIENDA-ANEXOS, 2018).
- ✓ **Período de diseño:** Período de vida útil previsto para que la infraestructura opere de manera adecuada, determinado conforme a la normativa vigente establecida por las autoridades competentes del sector (RM N° 192- VIVIENDA-ANEXOS, 2018).
- ✓ **Período óptimo de diseño:** Se define como el período durante el cual un componente del sistema de agua potable o saneamiento satisface la demanda estimada, optimizando al mismo tiempo los costos actualizados de inversión, funcionamiento y conservación durante todo el horizonte de evaluación del proyecto (RM N° 192-VIVIENDA-ANEXOS, 2018).
- ✓ **Red de distribución:** Sistema conformado por tuberías matrices y ramales secundarios que garantizan el suministro de agua potable a los hogares (RM N° 192-VIVIENDA-ANEXOS, 2018).
- ✓ **Simulación Hidráulica:** Proceso que emplea programas especializados, como WATERCAD, para evaluar el desempeño de redes hidráulicas a través de la asignación de parámetros técnicos y la simulación de distintos escenarios de operación (Bentley Systems, 2002).

- ✓ **Ubicación técnica de Válvulas:** Corresponde al análisis hidráulico y topográfico para definir los puntos estratégicos de instalación de las válvulas, tomando en cuenta criterios como presión, accesibilidad, nodos críticos y pérdidas de carga (MVCS, 2020).
- ✓ **Validación Normativa:** Es <sup>24</sup> la comparación de los resultados obtenidos en el modelamiento con los valores referenciales establecidos por las normas técnicas del sector saneamiento (MVCS, 2020).
- ✓ <sup>49</sup> **Válvula de aire:** Dispositivo instalado en la red para evacuar el aire acumulado dentro de las conducciones; este puede presentarse como operado de forma manual o automática (ventosas o purgadores), aunque se recomienda el uso de los automáticos por su mayor eficiencia (RM N° 192-VIVIENDA-ANEXOS, 2018).
- ✓ **Válvula de seccionamiento o de paso:** Dispositivo que permite cerrar, abrir o regular el paso del agua en tramos específicos de una red de distribución. Su correcta ubicación y operación permite el aislamiento de sectores para mantenimiento sin interrumpir todo el servicio (Salas & Vargas, 2019).
- ✓ **Válvula de purga:** Dispositivo instalado en las cotas inferiores de la red o línea de conducción, cuya función es facilitar la evacuación <sup>1</sup> de sedimentos y permitir el vaciado completo de la tubería cuando sea necesario (RM N° 192-VIVIENDA-ANEXOS, 2018).
- ✓ <sup>16</sup> **Vida útil:** Tiempo en el cual la infraestructura o equipo debe funcionar adecuadamente, luego del cual debe ser reemplazado o rehabilitado (RMN° 192-VIVIENDA-ANEXOS, 2018).

## 2.4. Hipótesis.

### 2.4.1. Hipótesis General.

- ✓ **H1:** Si se aplica el modelamiento hidráulico con el software WaterCAD, entonces se logrará el uso adecuado <sup>13</sup> de las válvulas de paso de la red de distribución de agua potable de la CC.NN. Bajo Somontonari, Rio Negro, Satipo, Junín 2024.
- ✓ **H0:** El uso del modelamiento hidráulico con el software

WaterCAD no influye en el uso adecuado de las válvulas de paso de la red de distribución de agua potable de la CC.NN. Bajo Somontonari, Rio Negro, Satipo, Junín 2024.

#### 2.4.2. Hipótesis Específicas.

- ✓ **H1:** Si se desarrolla el modelamiento hidráulico de la red de distribución, entonces se podrá verificar su eficiencia técnica, de acuerdo con los lineamientos de la Normativa de Obras de Saneamiento Rural.
- ✓ **H0:** El desarrollo del modelamiento hidráulico de la red de distribución no permite verificar su eficiencia técnica, de acuerdo con los lineamientos de la Normativa de Obras de Saneamiento Rural.
- ✓ **H2:** Si se gestionan adecuadamente los parámetros hidráulicos mediante el software WaterCAD, entonces será posible determinar las ubicaciones estratégicas de las válvulas de paso.
- ✓ **H0:** La gestión de los parámetros hidráulicos mediante el software WaterCAD no permite determinar las ubicaciones estratégicas de las válvulas de paso.

#### 2.5. Variables.

##### 2.5.1. Variable Independiente.

- ✓ Modelamiento hidráulico con el software WaterCAD

##### **Definición conceptual:**

Es la representación matemática y computacional sobre el desempeño de una red de distribución de agua potable, representada mediante simulación especializado (WaterCAD), que permite analizar parámetros hidráulicos, optimizar el diseño y cumplir con criterios técnicos establecidos. (MVCS, 2020; Bentley Systems, 2022).

**Dimensiones e Indicadores:**

<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>
Parámetros Hidráulicos	Caudal, presión, pérdida de carga
Diseño y Topología de red	Longitud, nodos, diámetro de tuberías
Simulación Computacional	Resultados hidráulicos, escenarios Modelados
Validación Normativa	Comparación con RNE y guías del MVCS

**2.5.2. Variable Dependiente.**

- ✓ Uso adecuado de las Válvulas de paso de la Red de distribución.

**Definición conceptual:**

Son los dispositivos que permiten controlar el flujo en una red de distribución. Su uso adecuado se relaciona con su correcta ubicación, funcionalidad hidráulica y cumplimiento con las normas técnicas, para asegurar mantenimiento, control sectorizado y operación eficiente del sistema. (RNE S090, 2018; MVCS, 2020).

**Dimensiones e Indicadores:**

<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>
Tipología y función	Tipo de válvula (compuerta, purga, aire) uso previsto
Ubicación técnica	Puntos estratégicos según caudal y presión
Funcionalidad Hidráulica	Corte, Regulación, mantenimiento de Red
Cumplimiento Normativo	Concordancia con RNE y normativa de saneamiento Rural

**2.1. Operacionalización de Variables.**

**Tabla 6:** Operacionalización de Variables del proyecto de investigación "Modelamiento hidráulico en la red de distribución de agua potable, para el uso adecuado de válvulas de paso en la CC.NN. Bajo Somontónari, Río Negro, Satipo, Junín 2024".

Variable	Dimensiones	Definición Conceptuales y Operacionales	Técnicas e Instrumentos	Indicadores	Unidad de Medida
	Parámetros hidráulicos	Se medirá a partir de los resultados de simulación hidráulica generados con el WaterCAD	Simulación, e informe técnico del modelo.	Caudal, presión, pérdida de carga.	Cuantitativa (m <sup>3</sup> /seg, m.c.a., m/km)
<b>Variable Independiente</b> Modelamiento hidráulico con el software WaterCAD	Diseño y Topología de Red  Simulación Computacional  Validación Normativa	Se obtendrá de los datos de entrada del WaterCAD y de los planos técnicos.  Se analizarán los escenarios de operación del sistema en WaterCAD  Se compara los resultados del modelo con los valores exigidos en la norma.	Análisis documental, Expediente técnico y planos de red.  Simulación, reporte del software.  Análisis comparativo, cuadro de cumplimiento normativo.	Dímetros, longitudes y Nodos  Resultados hidráulicos, nodos críticos.  Cumplimiento de presiones y dotaciones según R.M. 192-2018-VIVIENDA.	Cuantitativa (m, mm)  Cuantitativa (presión y caudal)  Cualitativa ordinal (cumple / no cumple)
<b>Variable Dependiente</b> Uso adecuado de las válvulas de paso	Tipología y función.  Ubicación técnica  Funcionalidad Hidráulica  Cumplimiento Normativo	Se clasificará el tipo de válvulas propuestas y su función en el sistema.  Se identificará en que puntos estratégicos deben colocarse las válvulas de acuerdo con el modelamiento.  Se verificará si la válvula cumple su función operativa en el diseño del sistema.  Se determinará si la selección y ubicación cumplen con los criterios normativos.	Análisis técnico, catalogo y manual de válvulas.  Simulación Técnica, resultados del software.  Evaluación Técnica, diagrama de operación.  Análisis comparativo, ficha técnico y norma RNE.	Tipo de válvula, función hidráulica.  Punto crítico y presión mínima o máxima.  Capacidad de corte, regulación, mantenimiento.  Compatibilidad con el RNE y guías MVCS.	Cualitativa (tipo, función)  Cuantitativa (posición, nodo, cota)  Cualitativa (cumple/ no cumple)  Cualitativa ordinal

Nota: Elaboración propia (2024).

## CAPITULO III

### METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

#### 3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo **aplicada**, ya que utiliza conocimientos científicos y técnicos de la ingeniería hidráulica con el propósito de atender una problemática concreta vinculada al diseño y funcionamiento de la red de distribución de agua potable en la comunidad nativa Bajo Somontonari. El objetivo es proponer soluciones prácticas y concretas mediante la simulación con el software WaterCAD, con base en la normativa según lo establecido por el MVCS y las disposiciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.

##### <sup>2</sup> 3.1.1. Enfoque

La investigación presenta un enfoque **cuantitativo**; porque **se** recolectarán datos con la finalidad de realizar pruebas de hipótesis con base en la medición numérica (Sampieri, 2014).

Es decir, se recolectarán datos numéricos como:

- ✓ Coordenadas y altura correspondiente <sup>4</sup> a la red de abastecimiento de agua, que serán obtenidas a través del levantamiento topográfico.
- ✓ Criterios técnicos empleados en el dimensionamiento, caudal máximo horario y pérdidas de energía por fricción; que serán obtenidas mediante la memoria de cálculo del estudio.

##### 3.1.2. Alcance

La investigación presentara un alcance correlacional – descriptivo. Correlacional, porque será necesario conocer la relación entre las variables, mediante un valor comparativo al interpretar la relación de estas. Descriptivo, porque se detallarán los procesos y objetivos de las variables que serán sometidas al análisis, mediante un valor representativo al describirlas (Hernández Sampieri et al, 2014).

Es decir; correlacional porque se realizará la comparación de variables para determinar la relación entre la Norma vigente de Saneamiento y los datos reales. Como también descriptivo porque se desarrollará de manera

teórica – metódica, al ser aplicativo los resultados garantizando el diseño y la vida útil del proyecto de saneamiento.

- ✓ Criterios de diseño considerados: caudal máximo horario y pérdidas de carga hidráulica; que serán obtenidas mediante la memoria de cálculo del estudio.

### **3.1.3. Diseño**

El estudio adoptará un enfoque metodológico de tipo cuasi-experimental, en el cual se realizará la manipulación intencional de la variable independiente, con la finalidad de observar las consecuencias que generaran en la variable dependiente; en donde las muestras no se asignaran al azar a los grupos de control ni tampoco se emparejan. (Hernández Sampieri et al, 2014).

Es decir; perdida de carga en metros de carga de agua (VI) se diseñará la válvula de paso, según los metros de carga de agua (VD) mediante la aplicación del método de análisis de los estados límites.

Se presentarán grupos de control (G) que será la ubicación y sección de la válvula de paso, a la cual se realizará una medición previa (prueba  $O_i$  = diseño con software de ingeniería), para luego de aplicar un estímulo ( $X_i$  = ubicación, sección y presión de carga en metros de agua) se realiza una medición posterior (posprueba  $O_{i+1}$ = factores de seguridad con las normas vigentes).

## **3.2. Población y Muestra.**

### **3.2.1. Población.**

La población se presentará como un grupo de casos que coinciden con sus respectivas especificaciones, sobre la cual se intenta generalizar los resultados. (Hernández Sampieri et al, 2014).

La población de estudio estará constituida por los usuarios beneficiados con el sistema de agua potable en la comunidad nativa de Bajo Somontonari.

### 3.2.2. Muestra.

La muestra se presentará como el subgrupo de la población previamente determinada, de la cual se obtendrán datos representativos de forma no probabilística o dirigida. Puesto que la elección de la muestra no depende de la probabilidad sino del propósito de la investigación y criterio del investigador, que a su vez es un procedimiento no mecánico, que no se basa en fórmulas probabilísticas (Sampieri, 2014)

La muestra corresponde específicamente a la población directamente usuaria <sup>3</sup> del sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad nativa Bajo Somontonari, sobre los cuales se aplicará el análisis hidráulico. El tamaño de la muestra se calcula en función de la población proyectada para el diseño hidráulico, según el expediente técnico o información del INEI y del MVCS.

### 3.3. Técnicas e Instrumento de Recolección de Datos.

Para la presente en <sup>14</sup> el desarrollo de la investigación se aplicaron diferentes técnicas e instrumentos de recolección de información que permitieron recopilar, analizar y procesar la información necesaria con el objetivo de realizar la modelación hidráulica del sistema de distribución de agua potable, orientado al uso adecuado de válvulas de paso.

Primero, se empleó la técnica de revisión documental, la cual consistió en el análisis de información contenida en el expediente técnico relacionado con el proyecto de abastecimiento de agua potable correspondiente a la comunidad nativa Bajo Somontonari. Esta técnica permitió extraer datos fundamentales como los planos hidráulicos, memorias de cálculo, dotaciones, caudales y población beneficiaria. Asimismo, se revisó normativa técnica vigente, como el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y la R.M. N.º 192-2018-VIVIENDA, que proporcionan los lineamientos en el marco del diseño de sistemas de distribución en áreas rurales.

Luego, se aplicó la técnica de simulación hidráulica, a través del uso del software especializado WaterCAD. Esta herramienta fue fundamental para modelar el comportamiento de la red, analizando parámetros hidráulicos como presión, caudal, velocidad del flujo, así como <sup>5</sup> las pérdidas de energía en cada tramo de tubería. Con base en ello del modelo se identificaron nodos críticos y se determinaron ubicaciones óptimas para las válvulas de paso.

Además, se utilizó la técnica de observación directa técnica asistida, mediante la cual se validaron datos geográficos, altimétricos y espaciales utilizando herramientas como imágenes satelitales de Google Earth, planos topográficos y GPS. Esto permitió confirmar cotas topográficas, distancias y puntos clave de la red en campo, necesarios para ajustar los datos del modelamiento virtual.

De esta manera, las técnicas e instrumentos empleados permitieron integrar información técnica precisa, normativamente respaldada y geográficamente validada, garantizando así la confiabilidad del análisis hidráulico y de las propuestas de mejora en la red.

#### <sup>46</sup> 3.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de información.

El tratamiento y posterior análisis de los datos se desarrollará de manera secuencial, cumpliendo con los lineamientos técnicos del sector saneamiento rural. Seguidamente se describen las etapas que se llevarán <sup>19</sup> a cabo en el procesamiento de la información::

##### **Paso 1: Recolección y sistematización de datos técnicos**

Se recopilarán todos los datos disponibles <sup>15</sup> en el expediente técnico del proyecto y de fuentes normativas oficiales (MVCS y RNE). Estos datos incluyen:

- Datos topográficos (altitudes, cotas de nodos, pendientes).
- Información demográfica (población actual y proyectada).
- Datos hidráulicos de diseño (caudal máximo horario, dotaciones, pérdidas de carga).

## **Paso 2: Digitalización y preparación de la red de distribución**

Con los planos y esquemas obtenidos, se realizará la digitalización del modelamiento del sistema de tuberías mediante el software WaterCAD.

Dicho proceso se ingresarán manualmente:

- Longitudes y diámetros de tuberías.
- Ubicación de nodos y tanques.
- Cotas altimétricas de cada nodo y elemento.
- Caudales y demandas proyectadas por nodo.

## **Paso 3: Configuración del modelo hidráulico**

Una vez digitalizada la red, se procederá a configurar el modelo hidráulico dentro del software:

- Asignación de patrones de consumo.
- Definición de condiciones de borde (presiones mínimas/máximas, condiciones de operación).
- Inclusión de elementos operativos como válvulas y tanques.

## **Paso 4: Ejecución del modelamiento**

Se ejecutará la simulación hidráulica utilizando WaterCAD. El software calculará automáticamente:

- Presiones por nodo.
- Velocidades y caudales en cada tramo de tubería.
- Pérdidas de carga unitaria y total.
- Zonas críticas de sobrepresión o baja presión.

## **Paso 5: Análisis e interpretación de resultados**

Los resultados generados serán comparados con los parámetros normativos establecidos por la R.M. N° 192-2018-VIVIENDA y el RNE S-090. Se evaluará si:

- Las presiones se mantienen dentro de los límites recomendados.

- Existen tramos que requieren rediseño.
- La ubicación de válvulas de paso es adecuada o necesita ajustes.

**Paso 6: Propuesta técnica**

Con base en los resultados del análisis, se propondrá la ubicación estratégica de válvulas de paso que aseguren el adecuado funcionamiento de la red. Se elaborarán planos modificados y se concluye con la comparación de los resultados finales para realizar las recomendaciones respectivas.

## CAPITULO IV RESULTADOS

### 4.1. Procesamiento de datos

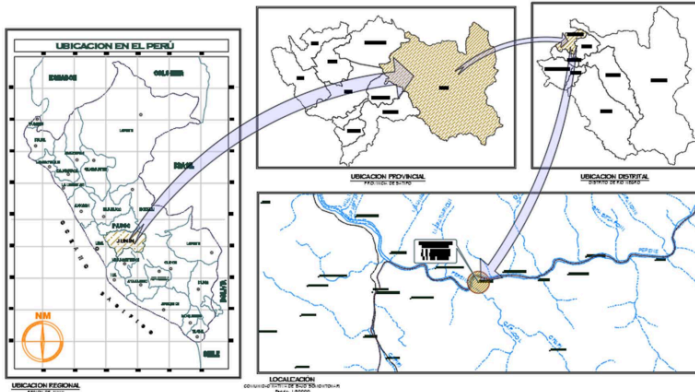
De acuerdo con los parámetros técnicos establecidos se emplearán los parámetros hidráulicos para el diseño y modelamiento hidráulico en WATERCAD.

#### 4.1.1. Parámetros de Diseño

##### a) Ubicación geográfica del área de estudio

La Comunidad Nativa Bajo Somontonari se localiza dentro de la jurisdicción del distrito de Río Negro, en la provincia de Satipo, departamento de Junín. Para el año 2024 se reporta una población aproximada de 38 familias, con un promedio de 3,26 integrantes por familia, lo que equivale a un total de 124 habitantes. El área se delimita dentro de las siguientes coordenadas: CC.NN. Bajo Somontonari 11°1'5.01"S; 74°42'50.04"O; 470 m Z.

Figura 13. Plano de Ubicación



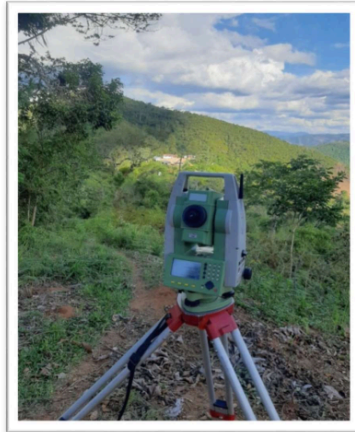
Nota: Fuente Propia

### **Características topográficas del área de estudio**

El levantamiento topográfico del área se ejecutó empleando una Estación Total Topcon. Los puntos obtenidos fueron representados en el plano topográfico y referenciados al sistema UTM WGS84. La metodología aplicada correspondió al procedimiento radial, empleando un punto fijo de observación instalada en recogida en terreno y luego trabajada en oficina técnica. Este procedimiento se ajustó a las características del estudio, ante la exigencia de contar con datos precisos y al cronograma de actividades programadas.

- Para la ejecución del levantamiento topográfico se conformó una brigada de campo bajo la dirección del jefe de topografía y de los responsables del estudio.
- El equipo de topografía estuvo integrado bajo la dirección de un responsable de brigada (topógrafo) y personal auxiliar de apoyo.
- Las labores topográficas se realizaron aplicando técnicas tradicionales de trazado, nivelación y radiación, haciendo uso de instrumentos de alta exactitud como la Estación Total Topcon.
- En el proceso de trazado y seccionamiento se instalaron Bench Marks (BMs), señalizados con pintura y acompañados de sus referencias respectivas para garantizar su rápida identificación.

**Figura 14.** Registro fotográfico de la medición topográfica



**Nota:** Equipo topográfico

**Tabla 7.** Cuadro de BM'S

BM	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
BM-01	532,108.18	8,780,930.18	629.80
BM-02	531,397.94	8,781,938.87	479.32
BM-03	531,246.21	8,781,895.60	485.67

*Nota: Fuente Propia*

#### b) Población actual del CC.NN. Bajo Somontonari

Presenta una población vigente de 124 personas registrados en el Padrón de Beneficiarios que se realizó por parte del comité de la comunidad, la cual es la siguiente:

**Tabla 8.** Síntesis del registro de beneficiarios

RESUMEN	VIVIENDAS	HABITANTES	DENSIDAD
<b>TOTAL, DE VIVIENDA</b>	38	124	3.26

*Nota: Listado de usuarios beneficiarios (2024).*

Asimismo, en la localidad existen instituciones públicas que se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 9.** Instituciones Publicas

CODIGO MODULAR	NOMBRE DE INSTITUCION	TIPO DE INST.	USUARIOS
1590199	Inst. Educativa Inicial N° 1702-A	INICIAL	11
0714139	Inst. Educativa Primaria N° 31826	PRIMARIA	17

Nota: Minedu Escala (2024).

Por lo tanto, tenemos 38 viviendas y 02 Instituciones Públicas, las cuales serán consideradas dentro del sistema de Red de Distribución.

### c) Periodo de Diseño

El punto de partida del proyecto, denominado año cero, corresponde a el momento en que comienza la recopilación de datos y el arranque del proyecto, considerándose el horizonte de diseño **para la línea de Aducción y Distribución se** considera:

**Tabla 10.** Periodo de diseño

ESTRUCTURA	PERIODO DE DISEÑO
Sistemas de conducción, aducción, impulsión y distribución de agua	20 años

### d) Tasa de Crecimiento

**La tasa** anual de crecimiento poblacional (r %) debe calcularse en función de los periodos intercensales, del CC.NN. Bajo Somontonari, y basado a los datos obtenidos por la INEI, la estimación de la tasa de crecimiento se efectúa a partir de la siguiente manera:

Figura 15. Datos Obtenidos por la INEI

DESCRIPCION	CANT	UND	FORMULAS A APLICAR				
			año0	2007	Po :	25981	hab
Tasa de crecimiento	1.67	%	año0	2007	Pt :	30651	hab
			año0	2017	Pt :	30651	hab
			tiempo:		t :	10	años

NOTA: Si la tasa es negativa se considerara una tasa 0 según RM-192 - MVCS - 2018

Ámbito Geográfico: Perú, Departamento, Provincia y Distrito

**Justificación**

**Propósito de uso**  
La tasa de crecimiento de población determina la velocidad de cambio demográfico de un país, región o localidad. Permite analizar la evolución demográfica y efectuar comparaciones entre regiones.

**Fórmula**  
 $r = ((Pt/ Po)^{1/n} - 1) \times 100$  Donde: Pt es el total de habitantes del censo de 2007; Po es el total de habitantes del censo de 1993 , t es el tiempo transcurrido entre ambos censos(años y fracción).

Fuente: INEI - 2007

Por lo tanto, la tasa de crecimiento anual (r %), del CC.NN. Bajo Somontonari, es:

$$\text{Tasa (r) = 1.67\%}$$

**e) Población proyectada para el diseño futuro**

La proyección de la población futura se llevará a cabo aplicando la fórmula  $P_f = P_i + r \cdot t$  aritmético:

Donde:

Pi = 124 habitantes, t = 20 años y r = 1.67%

En consecuencia, la población estimada para el diseño corresponde a **Pf = 165 habitantes.**

**f) Dotación**

Consumo doméstico: para el servicio de agua potable es necesario definir el tipo de unidad de saneamiento a implementar, considerando las siguientes dotaciones de referencia:

Tabla 11. Asignación de consumo de agua doméstico (lt/hab/día)

ZONA	TIPO DE UBS	
	Sistema sin arrastre hidráulico	Sistema con arrastre hidráulico
COSTA	60	90
SIERRA	50	80
SELVA	70	100

Fuente: RM-192-2018-VIVIENDA-ANEXO

**Consumo Estatal;** del servicio de asignación de agua potable destinada a instituciones educativas:

**Tabla 12.** Dotación del consumo estatal (lt/alumno/día)

ZONA	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	DOTACIÓN
COSTA, SIERRA Y SELVA	Educación inicial Y primaria	20
	Educación secundaria	25

Fuente: RM-192-2018-VIVIENDA-ANEXO

**g) Consumo de Agua**

**Gasto por Consumo doméstico** correspondiente al servicio de agua potable que se hallará de la siguiente manera:

**Tabla 13.** Gasto por consumo doméstico (lt/seg)

POBLACIÓN DISEÑO	ZONA	TIPO	DOTACIÓN l/hab/día	GASTO l/s
165	Selva	UBS A. H.	100	0.191
Fuente: Propia			<b>Total =</b>	<b>0.191</b>

**Consumo de agua destinado a servicios estatales;** del servicio de agua potable se hallará:

**Tabla 14.** Consumo de agua correspondiente a entidades estatales (lt/seg)

POBLACIÓN DISEÑO	ZONA	TIPO	DOTACIÓN l/hab/día	GASTO l/s
15	Selva	Ed. Inicial	20	0.003
23	Selva	Ed. Primaria	20	0.005
Fuente: Propia			<b>Total =</b>	<b>0.009</b>

Por lo tanto, el consumo total de agua es de:

$$Q_{\text{medio}} = 0.200 \text{ l/s}$$

**h) Fluctuaciones en el consumo de agua**

**Consumo Máximo Diario (Qmd);** debe estimarse tomando como referencia un 30% adicional al consumo total promedio, este caudal obtenido se deberá utilizar en el tramo de conducción del servicio de agua tratada.

$$Q_{md} = 0.260 \text{ l/seg}$$

<sup>1</sup> **Consumo Máximo Horario (Qmh)**; se calcula aplicando un factor de 2,00 sobre el consumo total. El caudal resultante debe emplearse en el diseño de la línea de aducción y de la red de distribución del sistema de agua potable.

$$Q_{mh} = 0.400 \text{ l/seg}$$

Por lo tanto, el **caudal máximo horario (Qmh)** servirá como referencia principal para el dimensionamiento de la red de distribución, conforme a los lineamientos establecidos por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), los cuales indican su aplicación en proyectos destinados para el suministro de agua segura en comunidades rurales con menos de 2,000 habitantes.

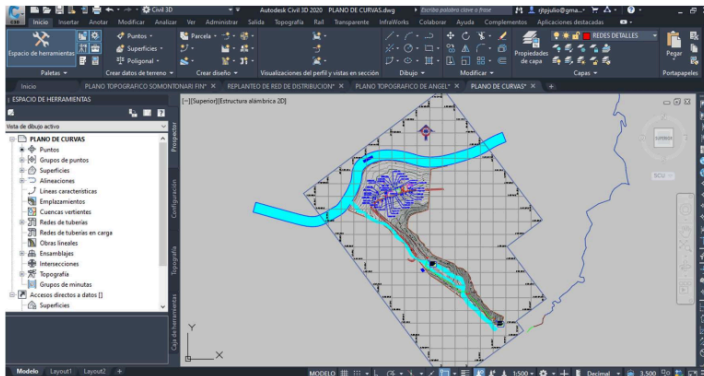
Asimismo, **no se considerará un porcentaje de pérdidas** para el cálculo del caudal de diseño, considerando que se trata de un proyecto nuevo que carece de un sistema de distribución de agua en funcionamiento. En consecuencia, al no existir una red en funcionamiento, **no se dispone de datos reales sobre pérdidas físicas o comerciales**, y su inclusión podría distorsionar los parámetros hidráulicos reales del sistema proyectado.

#### 4.1.2. Procesamiento en el WaterCAD

##### a) Exportación del Civil 3d al WaterCAD

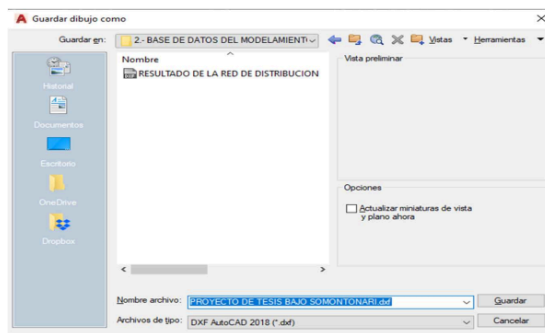
Teniendo el plano topográfico del proyecto se tiene que exportar en formato .DXF para poder importarlo al programa del WaterCAD, de la siguiente manera:

Figura 16. Plano topográfico en Civil 3D



Fuente: Propia en CIVIL 3D

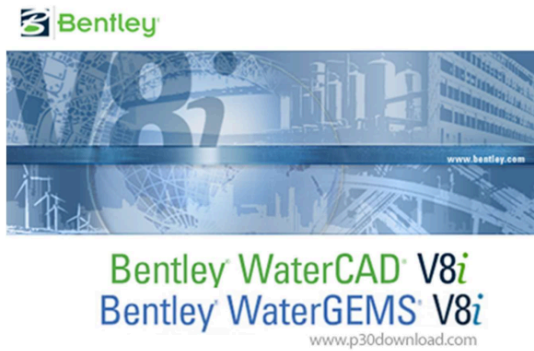
Figura 17. Panel de Control para guardar en formato DXF



Fuente: Propia en CIVIL 3D

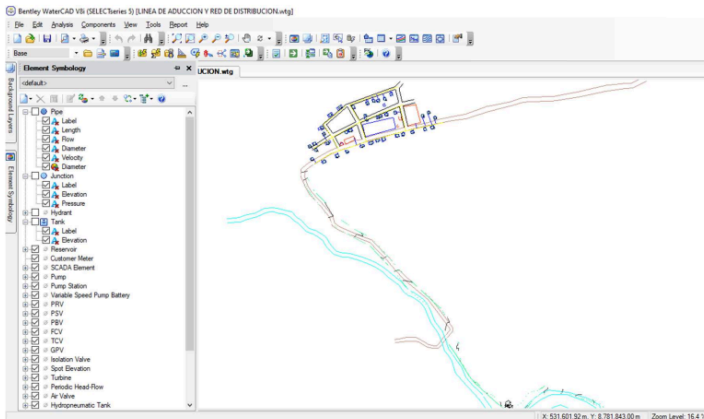
Luego de guardar el plano topográfico en formato DXF, se abrirá el WaterCAD, para poder exportar las curvas de nivel de la topografía, y también la ubicación de las viviendas beneficiarias.

Figura 18. WaterCAD V8i



La exportación del plano de lotización de viviendas estará en formato DXF, luego se exportará en el WaterCAD, con el fin de ejecutar el trazo de la línea de aducción y de la red de distribución.

Figura 19. Exportación del Civil 3D al WaterCAD V8i

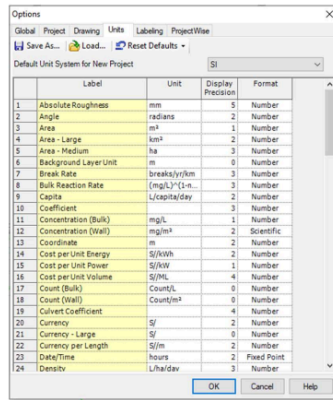


Fuente: Propia en WaterCAD V8i

#### b) Definición de las unidades del WaterCAD

Se configuran las unidades en WaterCAD para ajustarlas a las utilizadas en el Perú, la cual se realizará de la siguiente manera:

Figura 20. Ajuste de parámetros y unidades en el software WaterCAD V8i

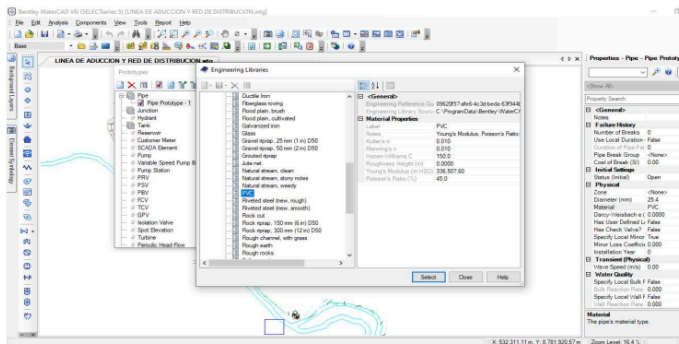


Fuente: Propia en WaterCAD V8i

**c) Definición correspondiente al tipo de material de la tubería y el tipo de líquido a utilizar en el WaterCAD**

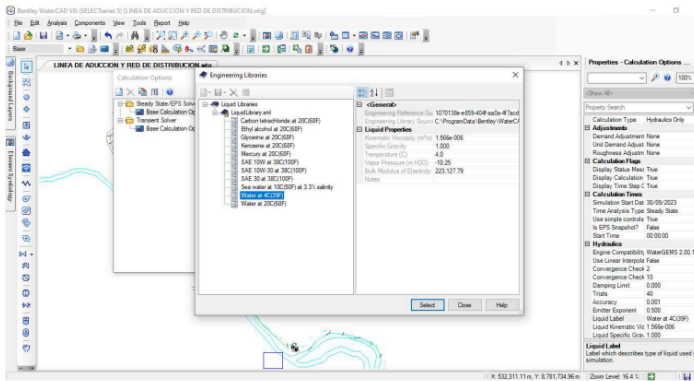
En el dimensionamiento hidráulico de la red de distribución se empleará tubería de PVC C-10 para el transporte de agua potable.

Figura 21. Configuración según el tipo de material seleccionado para la tubería



Fuente: Propia en WaterCAD V8i

Figura 22. Configuración del tipo de líquido a utilizar

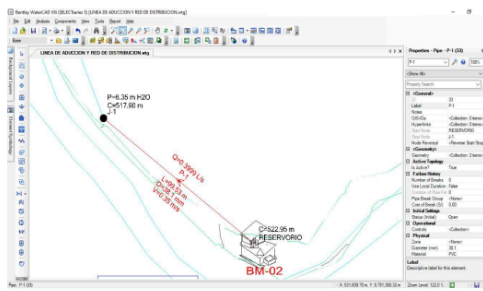


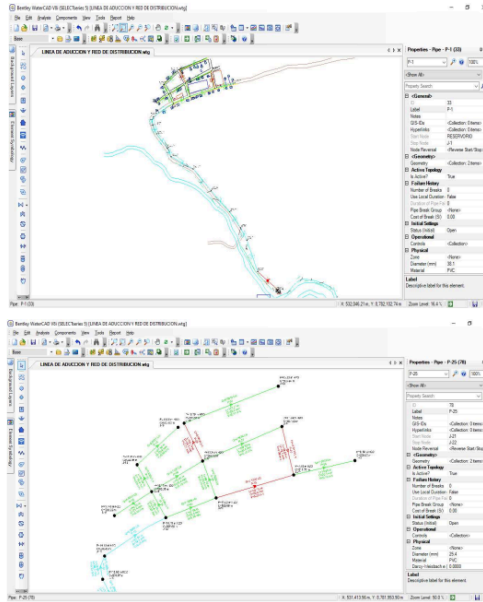
Fuente: Propia en WaterCAD V8i

**d) Colocación de los Nodos y Tramos en el alineamiento del sistema correspondiente a la red de distribución**

Se traza el alineamiento perteneciente al sistema de distribución de agua utilizando nodos y tramos, desde el reservorio hasta las viviendas beneficiarias. Se definen las redes principales y secundarias de acuerdo con la topografía de la comunidad nativa Bajo Somontonari, de la siguiente manera:

Figura 23. Trazado de la red de distribución





Fuente: Propia en WaterCAD V8i

**e) Modelado de Caudales en los Nodos**

Se realizó el modelamiento de caudales en los nodos del sistema de agua potable. Se calculó el gasto promedio para el sistema, considerando la red principal y secundaria. Este cálculo se efectuó previamente conforme al alineamiento de la red de distribución y se llevó a cabo de la siguiente manera:

**Gasto Doméstico:** el consumo medio por habitante para uso domiciliario se calculará dividiendo el consumo promedio total entre la población o, en su defecto, entre el número de viviendas atendidas.

Tabla 15. Consumo unitario por vivienda o habitante (lt/seg/viv)

	Año Base	Año Diseño	Incr.	Qp	Qunitario
	viv	viv	viv	l/s	l/s/viv
Vivienda (Viv.)	38	51	13	0.191	0.0037
	38	51		0.191	

Fuente: Propia

**Gasto Estatal:** El consumo promedio unitario destinado a servicios estatales se determinará dividiendo el gasto total entre la población beneficiada en la institución educativa.

**Tabla 16.** Gasto Estatal unitario (lt/seg/alumno)

	FUTURA	Qp	Q <sub>unitario</sub>
	Alumnos	l/s	l/s/alumno
Población Inicial	15.00	0.003	0.0002
Población Primaria	23.00	0.005	0.0002
		<b>0.009</b>	

Fuente: Propia

**Dotación en los Nodos y Sistema de Análisis:** seguidamente se evalúa el consumo correspondiente a cada sistema, tomando como referencia el caudal asignado a cada nodo de la red.

**Tabla 17.** Dotación por Nodo y Sistema (lt/seg/alumno)

Nodo	GASTO DOMESTICO					GASTO ESTATAL			GASTO l/s	
	Lote y/o vivienda existente	Lote y/o vivienda proyectada	Lote y/o vivienda Total	Gasto Unitario (L/s/viv)	Gasto doméstico (l/s)	TIPO	Poblac. (hab)	Gasto Unitario (L/s/hab)		Gasto Estatal (l/s)
J-1	0		0	0.0050	0.0000				0.0000	
J-2	0		0	0.0050	0.0000				0.0000	
J-3	0		0	0.0050	0.0000				0.0000	
J-4	0		0	0.0050	0.0000				0.0000	
J-5	0		0	0.0050	0.0000				0.0000	
J-6	0		0	0.0050	0.0000				0.0000	
J-7	0		0	0.0050	0.0000				0.0000	
J-8	0		0	0.0050	0.0000				0.0000	
J-9	2		2	0.0050	0.0101				0.0101	
J-10	2		2	0.0050	0.0101				0.0101	
J-11	2		2	0.0050	0.0101	Primaria	23	0.000231	0.0053	0.0154
J-12	4		4	0.0050	0.0201				0.0201	
J-13	7		7	0.0050	0.0352	Inicial	15	0.000231	0.0035	0.0387
J-14	0		0	0.0050	0.0000				0.0000	
J-15	4		4	0.0050	0.0201				0.0201	
J-16	1		1	0.0050	0.0050				0.0050	
J-17	2		2	0.0050	0.0101				0.0101	
J-18	5		5	0.0050	0.0251				0.0251	
J-19	0		0	0.0050	0.0000				0.0000	
J-20	2		2	0.0050	0.0101				0.0101	
J-21	5		5	0.0050	0.0251				0.0251	
<b>TOTAL =</b>	<b>38</b>	<b>0</b>	<b>38</b>		<b>0.191</b>	<b>0.000</b>		<b>0.000</b>	<b>0.009</b>	<b>0.200</b>

**Tabla 18. Resumen de Dotación**

Sistema	Gasto Estatal	Gasto Prom.
S1	0.009	0.200

Fuente: Propia

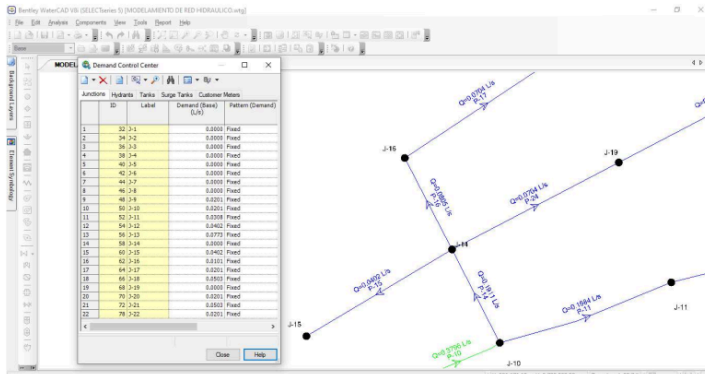
**2** Dotación en los Nodos y Sistema de Análisis en el WaterCAD: a continuación, se procede a ingresar la dotación por caudal unitario para los usos domésticos y estatales en el panel de caudal del software WaterCAD:

**Tabla 19. Consumo máximo diario por nodo**

<b>2</b> Nodo	Gp (l/s)	Gmh (l/s)	ELEV (m)	SISTEMA
J-1	0.0000	0.0000	485.93	S1
J-2	0.0000	0.0000	486.95	S1
J-3	0.0000	0.0000	478.08	S1
J-4	0.0000	0.0000	475.33	S1
J-5	0.0000	0.0000	474.87	S1
J-6	0.0000	0.0000	473.91	S1
J-7	0.0000	0.0000	476.70	S1
J-8	0.0000	0.0000	477.76	S1
J-9	0.0101	0.0201	479.00	S1
J-10	0.0101	0.0201	479.03	S1
J-11	0.0154	0.0308	478.92	S1
J-12	0.0201	0.0402	478.84	S1
J-13	0.0387	0.0773	477.66	S1
J-14	0.0000	0.0000	476.41	S1
J-15	0.0201	0.0402	476.89	S1
J-16	0.0050	0.0101	475.37	S1
J-17	0.0101	0.0201	475.48	S1
J-18	0.0251	0.0503	474.68	S1
J-19	0.0000	0.0000	476.69	S1
J-20	0.0101	0.0201	474.67	S1
J-21	0.0251	0.0503	474.81	S1
<b>TOTAL =</b>	<b>0.200</b>	<b>0.400</b>	0.000	

Fuente: Consultar el plano del esquema de la red elaborado en gabinete

Figura 24. Dotación en los nudos en el WaterCAD



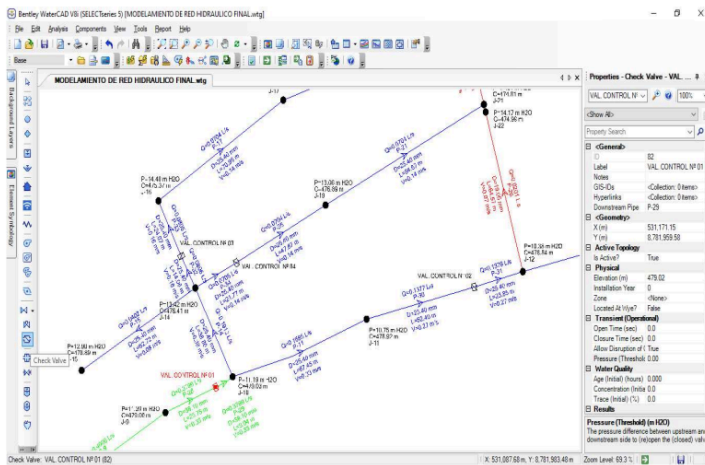
Fuente: Propia en el WaterCAD

#### 4.1.3. Configuración de válvulas de Control en el WaterCAD

Las cámaras destinadas a albergar las válvulas de control deben diseñarse de forma que faciliten su construcción, garanticen un manejo adecuado en la operación y permitan un mantenimiento eficiente, además de posibilitar la regulación de caudales en distintos sectores de la red de distribución.

En el modelamiento hidráulico del sistema de la red de distribución de la CC.NN. Bajo Somontonari, se utilizarán **válvulas de compuertas**, dado que la caída de presión en esta zona selvática es mínima. Esta red opera mediante un sistema por gravedad, lo cual es poco común en regiones de la selva.

Figura 25. Ajuste y disposición de las válvulas de control en el WaterCAD

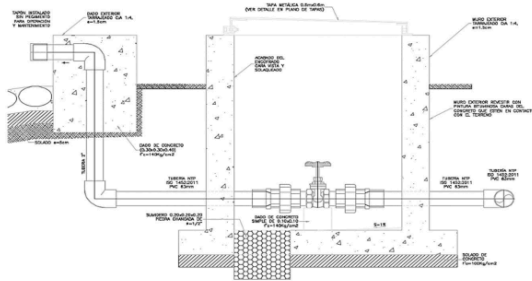


Fuente: Elaboración propia en el WaterCAD

#### 4.1.4. Configuración de válvulas de Purga en la Red de Distribución

Las **válvulas de purgas** Los desagües consisten en derivaciones colocadas sobre la tubería, equipadas con una **válvula de corte** (tipo **compuerta o mariposa**, de acuerdo con el **diámetro**) y un tramo de conducción **hasta un punto de** descarga adecuado. Cada segmento de la red ubicado **entre ventosas consecutivas debe contar con uno o más desagües** en las cotas más bajas. Siempre que sea viable, estas descargas deben dirigirse **a un punto de vertido o a un pozo de absorción**. El **dimensionamiento se** realiza considerando la longitud, diámetro y pendiente del tramo a drenar, además de las restricciones asociadas al vertido.

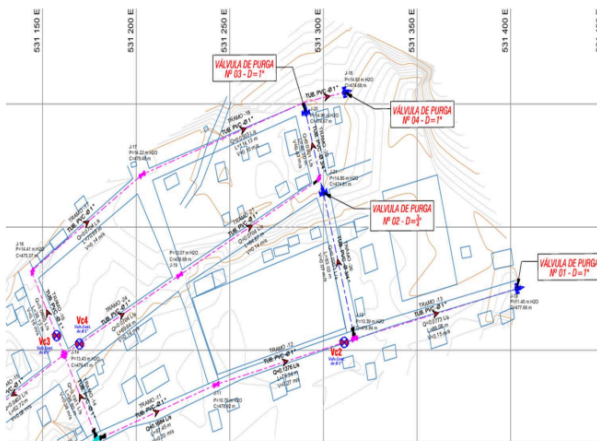
Figura 26. Dispositivo de purga o drenaje



Fuente: RM-192-2018-VIVIENDA-ANEXO

La función principal de las **válvulas de purga** su función es eliminar los sedimentos que se acumulan en las zonas bajas de la red de distribución, especialmente en áreas con topografía irregular, ya que estos reducen la sección de paso del agua. Por este motivo, es necesario instalar válvulas de purga que posibiliten la limpieza periódica de los tramos de tuberías.

Figura 27. Colocación de las Válvulas de Purgas

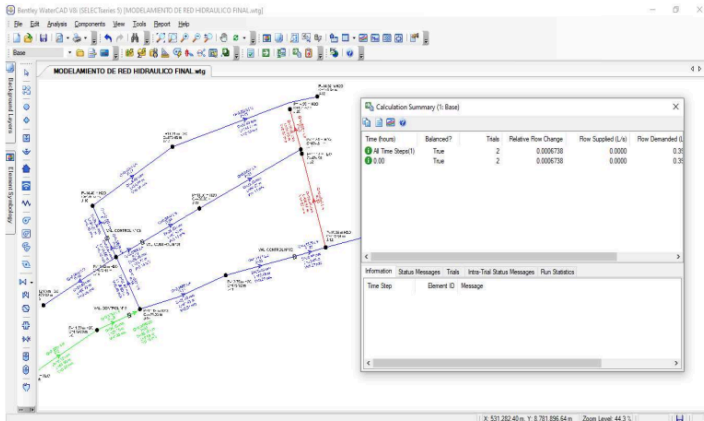


Fuente: Ubicación en el civil 3d

#### 4.1.5. Procesamiento de datos en el WaterCAD

Una vez finalizada la exportación de la topografía al WaterCAD y completadas las etapas de alineamiento correspondiente a la red de distribución, con la asignación de nodos y segmentos de tubería, configuración de unidades, definición de diámetros de tubería y cotas de nodos, así como la asignación de caudales según el consumo promedio unitario y **la instalación de válvulas de regulación y dispositivos de purga**, se procede al procesamiento del modelo en WaterCAD para identificar posibles inconvenientes en el planteamiento o fallas en el modelamiento hidráulico.

Figura 28. Procesamiento en el WaterCAD



Fuente: Propia en el WaterCAD

Luego de procesar el modelamiento en el WaterCAD, no se encuentra ningún inconveniente por parte del modelamiento, se realiza la inspección de los resultados que se obtienen por parte del software, verificando presiones hidráulicas de los nodos, velocidades, diámetros y caudales de las tuberías, y que puedan cumplir los parámetros principales, de acuerdo con los alineamientos del Ministerio de Vivienda, Construcción y Servicios

de saneamiento, así como así poder obtener resultados positivos y evitar pérdidas económicos en el proceso constructivo de dicho proyecto.

Figura 29. Verificación de los Nodos

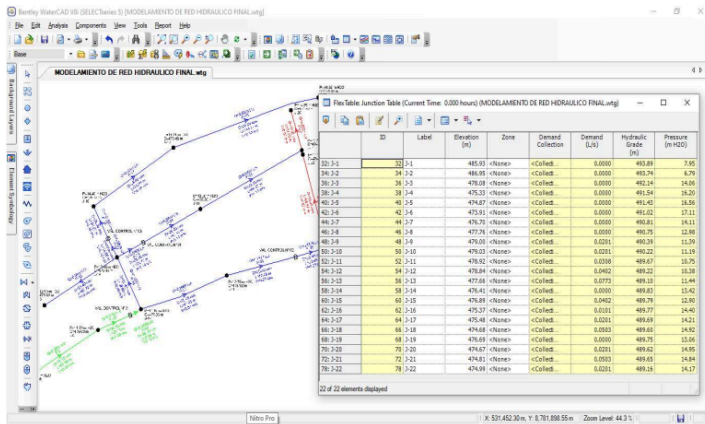


Figura 30. Resultado de los Nodos

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
32: J-1	J-1	485.93	<None>	<Collected>	0.0000	493.89	7.95
34: J-2	J-2	486.95	<None>	<Collected>	0.0000	493.74	6.79
36: J-3	J-3	478.08	<None>	<Collected>	0.0000	492.14	14.06
38: J-4	J-4	475.33	<None>	<Collected>	0.0000	491.54	16.20
40: J-5	J-5	474.87	<None>	<Collected>	0.0000	491.43	16.56
42: J-6	J-6	473.91	<None>	<Collected>	0.0000	491.02	17.11
44: J-7	J-7	476.70	<None>	<Collected>	0.0000	490.81	14.11
46: J-8	J-8	477.76	<None>	<Collected>	0.0000	490.75	12.98
48: J-9	J-9	479.00	<None>	<Collected>	0.0201	490.39	11.39
50: J-10	J-10	479.03	<None>	<Collected>	0.0201	490.22	11.19
52: J-11	J-11	478.92	<None>	<Collected>	0.0308	489.67	10.75
54: J-12	J-12	478.84	<None>	<Collected>	0.0402	489.22	10.38
56: J-13	J-13	477.66	<None>	<Collected>	0.0773	489.10	11.44
58: J-14	J-14	476.41	<None>	<Collected>	0.0000	489.83	13.42
60: J-15	J-15	476.89	<None>	<Collected>	0.0402	489.79	12.90
62: J-16	J-16	475.37	<None>	<Collected>	0.0101	489.77	14.40
64: J-17	J-17	475.48	<None>	<Collected>	0.0201	489.69	14.21
66: J-18	J-18	474.68	<None>	<Collected>	0.0503	489.60	14.92
68: J-19	J-19	476.69	<None>	<Collected>	0.0000	489.75	13.06
70: J-20	J-20	474.67	<None>	<Collected>	0.0201	489.62	14.95
72: J-21	J-21	474.81	<None>	<Collected>	0.0503	489.65	14.84
78: J-22	J-22	474.99	<None>	<Collected>	0.0201	489.16	14.17

Fuente: Propia en el WaterCAD

Figura 31. Verificación de los tramos o tuberías

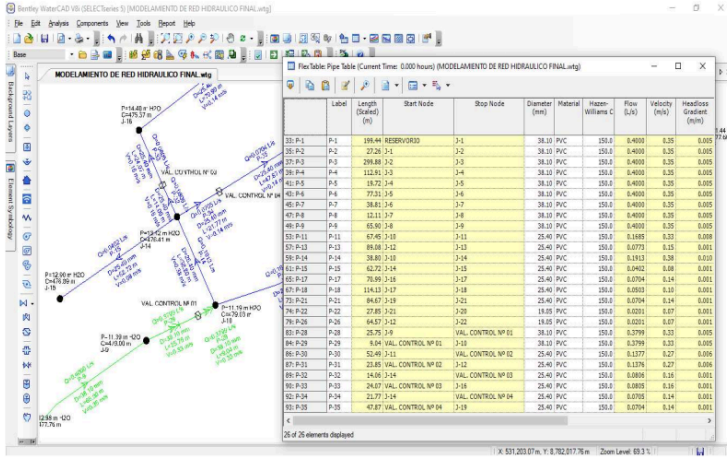


Figura 32. Resultados de los tramos o tuberías

Flex Table: Pipe Table (Current Time: 0.000 hours) (MODELAMIENTO DE RED HIDRAULICO FINAL.wtg)

Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
33: P-1	199.44	RESERVORIO	J-1	38.10	PVC	150.0	0.4000	0.35	0.005
35: P-2	27.26	J-1	J-2	38.10	PVC	150.0	0.4000	0.35	0.005
37: P-3	299.88	J-2	J-3	38.10	PVC	150.0	0.4000	0.35	0.005
39: P-4	112.91	J-3	J-4	38.10	PVC	150.0	0.4000	0.35	0.005
41: P-5	19.72	J-4	J-5	38.10	PVC	150.0	0.4000	0.35	0.005
43: P-6	77.31	J-5	J-6	38.10	PVC	150.0	0.4000	0.35	0.005
45: P-7	38.81	J-6	J-7	38.10	PVC	150.0	0.4000	0.35	0.005
47: P-8	12.11	J-7	J-8	38.10	PVC	150.0	0.4000	0.35	0.005
49: P-9	65.90	J-8	J-9	38.10	PVC	150.0	0.4000	0.35	0.005
53: P-11	67.45	J-10	J-11	25.40	PVC	150.0	0.1685	0.33	0.008
57: P-13	89.08	J-12	J-13	25.40	PVC	150.0	0.0773	0.15	0.001
59: P-14	38.80	J-10	J-14	25.40	PVC	150.0	0.1913	0.38	0.010
61: P-15	62.72	J-14	J-15	25.40	PVC	150.0	0.0402	0.08	0.001
65: P-17	70.99	J-16	J-17	25.40	PVC	150.0	0.0704	0.14	0.001
67: P-18	114.13	J-17	J-18	25.40	PVC	150.0	0.0503	0.10	0.001
73: P-21	84.67	J-19	J-21	25.40	PVC	150.0	0.0704	0.14	0.001
74: P-22	27.85	J-21	J-20	19.05	PVC	150.0	0.0201	0.07	0.001
79: P-26	64.57	J-12	J-22	19.05	PVC	150.0	0.0201	0.07	0.001
83: P-28	25.75	J-9	VAL. CONTROL Nº 01	38.10	PVC	150.0	0.3799	0.33	0.005
84: P-29	9.04	VAL. CONTROL Nº 01	J-10	38.10	PVC	150.0	0.3799	0.33	0.005
86: P-30	52.49	J-11	VAL. CONTROL Nº 02	25.40	PVC	150.0	0.1377	0.27	0.006
87: P-31	23.85	VAL. CONTROL Nº 02	J-12	25.40	PVC	150.0	0.1376	0.27	0.006
89: P-32	14.06	J-14	VAL. CONTROL Nº 03	25.40	PVC	150.0	0.0806	0.16	0.001
90: P-33	24.07	VAL. CONTROL Nº 03	J-16	25.40	PVC	150.0	0.0805	0.16	0.001
92: P-34	21.77	J-14	VAL. CONTROL Nº 04	25.40	PVC	150.0	0.0705	0.14	0.001
93: P-35	47.87	VAL. CONTROL Nº 04	J-19	25.40	PVC	150.0	0.0704	0.14	0.001

26 of 26 elements displayed

Fuente: Propia en el WaterCAD

Figura 33. Verificación de las Válvulas de Control

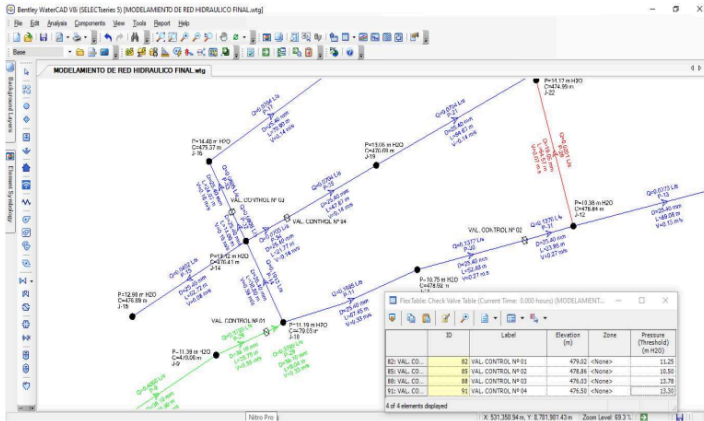


Figura 34. Resultados de las Válvulas de Control

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Pressure (Threshold) (m H2O)
82: VAL_CO...	82 VAL_CONTROL Nº 01	479.02	<None>	11.25
85: VAL_CO...	85 VAL_CONTROL Nº 02	478.86	<None>	16.50
88: VAL_CO...	88 VAL_CONTROL Nº 03	476.03	<None>	13.78
91: VAL_CO...	91 VAL_CONTROL Nº 04	476.50	<None>	13.30

#### 4.2. Contratación de Hipótesis y prueba de Hipótesis

##### Hipótesis General:

**H1:** Si se aplica el modelamiento hidráulico con el software WaterCAD, entonces se logrará el uso adecuado de las válvulas de paso de la red de distribución de agua potable de la CC.NN. Bajo Somontani, Rio Negro, Satipo, Junín 2024.

**H0:** El uso del modelamiento hidráulico con el software WaterCAD no influye en el uso adecuado de las válvulas de paso de la red de distribución de agua potable de la CC.NN. Bajo Somontani, Rio Negro, Satipo, Junín 2024.

Tras el modelamiento hidráulico de la red de distribución y la aplicación de los lineamientos del MVCS, se verifica el cumplimiento de acuerdo con los parámetros definidos en la normativa vigente para obras de saneamiento, las características que se tendrá que analizar serán las siguientes:

- La presión hidráulica, de los nodos y válvulas.
- La velocidad correspondiente a la conducción.
- Dimensión nominal del diámetro de la tubería.
- El caudal de la tubería.
- La pendiente de la tubería.
- La longitud de Nodo a Nodo.

Los resultados generados a partir de la simulación hidráulica de la red de distribución, serán exportados y colocados en hojas de Excel, para su verificación al alineamiento de la normativa del MVCS:

**Tabla 20.** Resultado de diámetros, longitudes, material y pendientes

Tubería	Longitud	Nudo Inicio	Nudo Final	Diámetro (in)	Material	Pendiente
P-1	199.44	RESERVORIO	J-1	1 1/2	PVC	0.50%
P-2	27.26	J-1	J-2	1 1/2	PVC	0.50%
P-3	299.88	J-2	J-3	1 1/2	PVC	0.50%
P-4	112.91	J-3	J-4	1 1/2	PVC	0.50%
P-5	19.72	J-4	J-5	1 1/2	PVC	0.50%
P-6	77.31	J-5	J-6	1 1/2	PVC	0.50%
P-7	38.81	J-6	J-7	1 1/2	PVC	0.50%
P-8	12.11	J-7	J-8	1 1/2	PVC	0.50%
P-9	65.90	J-8	J-9	1 1/2	PVC	0.50%
P-10	34.79	J-9	J-10	1 1/2	PVC	0.50%
P-11	67.45	J-10	J-11	1	PVC	0.80%
P-12	76.34	J-11	J-12	1	PVC	0.60%
P-13	89.08	J-12	J-13	1	PVC	0.10%
P-14	38.80	J-10	J-14	1	PVC	1.00%
P-15	62.72	J-14	J-15	1	PVC	0.10%
P-16	38.13	J-14	J-16	1	PVC	0.10%
P-17	70.99	J-16	J-17	1	PVC	0.10%
P-18	114.13	J-17	J-18	1	PVC	0.10%
P-21	84.67	J-19	J-21	1	PVC	0.10%
P-22	46.30	J-21	J-20	3/4	PVC	0.10%
P-24	69.64	J-14	J-19	1	PVC	0.10%
P-26	83.02	J-12	J-21	3/4	PVC	0.10%

Fuente: Propia ver plano de esquema de Red

**Resultado de Presiones hidráulicas:** la tabla muestra los valores <sup>1</sup> de presión obtenidos en los diferentes nodos de la red como resultado de la simulación. La presión máxima permitida está condicionada por la resistencia de la tubería, establecida en este caso en 50 mH<sub>2</sub>O, mientras que la presión mínima no debe ser inferior a 5 mH<sub>2</sub>O

**Tabla 21.** Resultado de Presiones Hidráulicas

NUDO	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Energía (m)	Presión (m H2O)	Observación
J-1	485.93	0.0000	493.89	7.96	ok!!!
J-2	486.95	0.0000	493.74	6.79	ok!!!
J-3	478.08	0.0000	492.14	14.06	ok!!!
J-4	475.33	0.0000	491.54	16.21	ok!!!
J-5	474.87	0.0000	491.44	16.57	ok!!!
J-6	473.91	0.0000	491.02	17.11	ok!!!
J-7	476.70	0.0000	490.82	14.12	ok!!!
J-8	477.76	0.0000	490.75	12.99	ok!!!
J-9	479.00	0.0201	490.40	11.40	ok!!!
J-10	479.03	0.0201	490.23	11.20	ok!!!
J-11	478.92	0.0308	489.68	10.76	ok!!!
J-12	478.84	0.0402	489.23	10.39	ok!!!
J-13	477.66	0.0773	489.11	11.45	ok!!!
J-14	476.41	0.0000	489.84	13.43	ok!!!
J-15	476.89	0.0402	489.80	12.91	ok!!!
J-16	475.37	0.0101	489.78	14.41	ok!!!
J-17	475.48	0.0201	489.70	14.22	ok!!!
J-18	474.68	0.0503	489.61	14.93	ok!!!
J-19	476.69	0.0000	489.76	13.07	ok!!!
J-20	474.67	0.0201	489.63	14.96	ok!!!
J-21	474.81	0.0503	489.66	14.85	ok!!!

Fuente: Elaboración propia, consultar esquema de la red en plano

**Resultados de velocidades y caudales en la red:** la comprobación de las velocidades en las tuberías debe garantizar que estas no superen los 3 m/s, con el fin de prevenir daños o desgaste prematuro en las conducciones de PVC.

**Tabla 22.** Resultado de Caudales <sup>28</sup> y Velocidades de la Red de Distribución

<sup>9</sup> Tubería	Longitud (m)	Diámetro (in)	Hazen-Williams C	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Observación
P-1	199.44	1 1/2	150	0.3997	0.3500	ok!!!
P-2	27.26	1 1/2	150	0.3997	0.3500	ok!!!
P-3	299.88	1 1/2	150	0.3997	0.3500	ok!!!

P-4	112.91	1 1/2	150	0.3997	0.3500	ok!!!
P-5	19.72	1 1/2	150	0.3997	0.3500	ok!!!
P-6	77.31	1 1/2	150	0.3997	0.3500	ok!!!
P-7	38.81	1 1/2	150	0.3997	0.3500	ok!!!
P-8	12.11	1 1/2	150	0.3997	0.3500	ok!!!
P-9	65.90	1 1/2	150	0.3997	0.3500	ok!!!
P-10	34.79	1 1/2	150	0.3796	0.3300	ok!!!
P-11	67.45	1	150	0.1684	0.3300	ok!!!
P-12	76.34	1	150	0.1376	0.2700	ok!!!
P-13	89.08	1	150	0.0773	0.1500	ok!!!
P-14	38.80	1	150	0.1911	0.3800	ok!!!
P-15	62.72	1	150	0.0402	0.0800	ok!!!
P-16	38.13	1	150	0.0805	0.1600	ok!!!
P-17	70.99	1	150	0.0704	0.1400	ok!!!
P-18	114.13	1	150	0.0503	0.1000	ok!!!
P-21	84.67	1	150	0.0704	0.1400	ok!!!
P-22	46.30	3/4	150	0.0201	0.0700	ok!!!
P-24	69.64	1	150	0.0704	0.1400	ok!!!
P-26	83.02	3/4	150	0.0201	0.0700	ok!!!

Fuente: Elaboración propia, revisar esquema de red en plano

En cuanto relacionadas con las <sup>1</sup> velocidades de flujo en la red de distribución, estas se consideran hidráulicamente aceptables, aun cuando en algunos tramos se registran valores por debajo de 0.30 m/s. Este comportamiento es característico de los sistemas de abastecimiento de agua potable en áreas rurales dispersas, en la demanda unitaria por tramo de tubería es reducida debido a la baja densidad poblacional y al hecho de que las viviendas se encuentran ampliamente distribuidas en el territorio.

De acuerdo con los lineamientos técnicos establecidos en la R.M. N.º 192-2018-VIVIENDA, para el ámbito rural no se exige estrictamente un valor mínimo de velocidad de 0.30 m/s como en zonas urbanas, siempre que el sistema funcione correctamente y no existan riesgos de estancamiento, sedimentación o pérdida de calidad del agua. En este contexto, la normativa permite cierta flexibilidad técnica, privilegiando la operatividad, sostenibilidad y adaptación al entorno rural del proyecto.

Por lo tanto, si bien algunas velocidades en tramos de baja demanda son inferiores al umbral urbano, estas siguen siendo técnicamente viables y no comprometen el funcionamiento ni la calidad del servicio en la red de distribución proyectada.

Por lo tanto, el modelamiento hidráulico de la red de distribución demuestra ser técnicamente funcional, cumpliendo con los parámetros normativos definidos por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) para sistemas de agua potable en zonas rurales.

La incorporación de válvulas de control y purga optimiza el desempeño hidráulico del sistema, especialmente considerando que el proyecto se desarrolla en una zona geográfica selvática con un sistema de abastecimiento por gravedad.

Considerando la variación de niveles entre el reservorio y la vivienda más alejada es reducida, el modelamiento hidráulico ha permitido verificar la viabilidad del diseño, asegurando una presión mínima aceptable en todos los puntos de consumo.

Los resultados obtenidos confirman que la red proyectada presenta un comportamiento hidráulico estable, satisface las exigencias técnicas estipuladas en la normativa vigente y valida la hipótesis planteada respecto al uso adecuado de válvulas de paso en función del análisis hidráulico.

#### **Hipótesis específica 2:**

**H1:** Si se desarrolla el modelamiento hidráulico de la red de distribución, entonces se podrá verificar su eficiencia técnica, de acuerdo con los lineamientos de la Normativa de Obras de Saneamiento Rural.

**H0:** El desarrollo del modelamiento hidráulico de la red de distribución no permite verificar su eficiencia técnica, de acuerdo con los lineamientos de la Normativa de Obras de Saneamiento Rural.

**H2:** Si se gestionan adecuadamente los parámetros hidráulicos mediante el software WaterCAD, entonces será posible determinar las ubicaciones estratégicas de las válvulas de paso.

**H0:** La gestión de los parámetros hidráulicos mediante el software WaterCAD no permite determinar las ubicaciones estratégicas de las válvulas de paso.

Los criterios técnicos de diseño evaluados en este estudio de investigación se encuentran en cumplimiento con la normativa vigente para proyectos de saneamiento en el ámbito rural, en concordancia con

los lineamientos<sup>16</sup> establecidos por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), específicamente la R.M. N° 192-2018-VIVIENDA. A partir de la simulación hidráulica realizada en el software WaterCAD, se determinaron y gestionaron los parámetros hidráulicos más relevantes de la red: presión, caudal, velocidad, pérdidas de carga, permitiendo validar la eficiencia técnica del diseño propuesto, conforme a la hipótesis específica H1, relacionada con la verificación del diseño según normativa. Asimismo, en función del análisis hidráulico, se definieron de manera estratégica las ubicaciones de las válvulas de paso y de control, considerando las condiciones particulares del proyecto, tales como el bajo desnivel topográfico del terreno y su ubicación geográfica en la selva central, lo que responde a la hipótesis específica H2, vinculada a la gestión de parámetros hidráulicos para la correcta ubicación de válvulas. En conjunto, los resultados del modelamiento validan que el sistema de abastecimiento de agua potable proyectado responde adecuadamente a los criterios técnicos requeridos, garantizando su operatividad, eficiencia y viabilidad técnica para su futura ejecución, con enfoque en sostenibilidad rural.

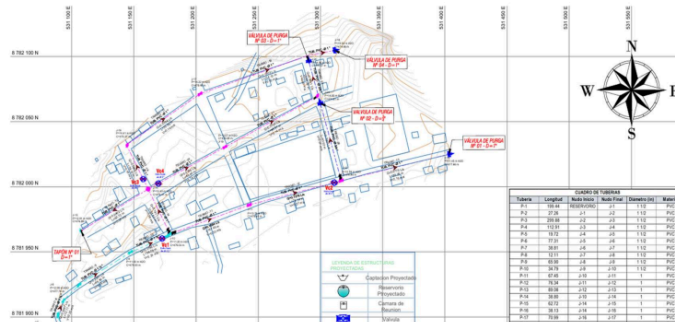
**Tabla 23.** Resultado de diámetros, longitudes, material y pendientes

Tubería	Longitud	Nudo Inicio	Nudo Final	Diámetro (in)	Material	Pendiente
P-1	199.44	RESERVORIO	J-1	1 1/2	PVC	0.50%
P-2	27.26	J-1	J-2	1 1/2	PVC	0.50%
P-3	299.88	J-2	J-3	1 1/2	PVC	0.50%
P-4	112.91	J-3	J-4	1 1/2	PVC	0.50%
P-5	19.72	J-4	J-5	1 1/2	PVC	0.50%
P-6	77.31	J-5	J-6	1 1/2	PVC	0.50%
P-7	38.81	J-6	J-7	1 1/2	PVC	0.50%
P-8	12.11	J-7	J-8	1 1/2	PVC	0.50%
P-9	65.90	J-8	J-9	1 1/2	PVC	0.50%
P-11	67.45	J-10	J-11	1	PVC	0.80%
P-13	89.08	J-12	J-13	1	PVC	0.10%
P-14	38.80	J-10	J-14	1	PVC	1.00%
P-15	62.72	J-14	J-15	1	PVC	0.10%
P-17	70.99	J-16	J-17	1	PVC	0.10%
P-18	114.13	J-17	J-18	1	PVC	0.10%
P-21	84.67	J-19	J-21	1	PVC	0.10%
P-22	27.85	J-21	J-20	3/4	PVC	0.10%
P-26	64.57	J-12	J-22	3/4	PVC	0.10%

P-28	25.75	J-9	VAL. CONTROL Nº 01	1 1/2	PVC	0.50%
P-29	9.04	VAL. CONTROL Nº 01	J-10	1 1/2	PVC	0.50%
P-30	52.49	J-11	VAL. CONTROL Nº 02	1	PVC	0.60%
P-31	23.85	VAL. CONTROL Nº 02	J-12	1	PVC	0.60%
P-32	14.06	J-14	VAL. CONTROL Nº 03	1	PVC	0.10%
P-33	24.07	VAL. CONTROL Nº 03	J-16	1	PVC	0.10%
P-34	21.77	J-14	VAL. CONTROL Nº 04	1	PVC	0.10%
P-35	47.87	VAL. CONTROL Nº 04	J-19	1	PVC	0.10%

Fuente: Propia en el WaterCAD

Figura 35. Ubicación en Planos de los Dispositivos de regulación y purga en la red



Fuente: Propia

Tabla 24. Resultado de válvulas de Control

Válvula de Control	COTA	ESTE (m)	NORTE (m)	Diámetro (in)	Material	Presión (m H2O)	Tipo de Válvula
Nº 01	479.02	464,773.29	7,684,219.94	1 1/2	Bronce	11.25	Compuerta
Nº 02	478.86	464,911.65	7,684,262.81	1	Bronce	10.50	Compuerta

N° 03	476.03	464,758.07	7,684,265.53	1	Bronce	13.78	Compuerta
N° 04	476.50	464,770.24	7,684,262.15	1	Bronce	13.30	Compuerta

Fuente: Propia ver plano de esquema de Red

Tabla 25. Resultados obtenidos de la implementación de válvulas de purga

Válvula de Purga	COTA	ESTE (m)	NORTE	Diámetro (in)	Material	Presión (m H <sub>2</sub> O)
N° 01	477.66	531,403.43	8,782,025.05	1	Bronce	11.45
N° 02	474.81	531,299.98	8,782,063.94	3/4	Bronce	14.85
N° 03	474.67	531,290.61	8,782,096.44	1	Bronce	14.96
N° 04	474.68	531,311.31	8,782,104.69	1	Bronce	14.93

Fuente: Propia ver plano de esquema de Red

Finalmente, se verifica el cumplimiento de la hipótesis planteada en relación con los parámetros normativos, asegurando la correcta aplicación de las válvulas de paso en el modelamiento hidráulico. Asimismo, se valida el uso relacionado con la instalación de válvulas de regulación y purga como elementos clave para la regulación y eficiencia del sistema.

## CAPITULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Contratación de Resultados del Trabajo de Investigación

<sup>38</sup> Los resultados de esta investigación demuestran que el uso del modelamiento hidráulico con el software WaterCAD, aplicado a redes rurales por gravedad, es una herramienta válida y eficaz para verificar los parámetros técnicos de diseño y ubicar estratégicamente las válvulas de paso, conforme a la normativa del MVCS (R.M. N.º 192-2018-VIVIENDA). Estas conclusiones pueden ser contrastadas con diversos estudios internacionales, nacionales y regionales que abordan temáticas similares.

Los hallazgos se corresponden con lo planteado por Lozano (2021), quien utilizó EPANET para optimizar válvulas de seccionamiento en redes urbanas. Aunque su contexto fue urbano, demostró que el modelamiento hidráulico permitió reducir en 32% el tiempo de respuesta ante fugas y mejorar la ubicación de válvulas en zonas críticas, hallazgos equivalentes al presente estudio, donde se logró definir ubicaciones estratégicas de válvulas en función de tramos con bajas presiones en una red rural.

Por su parte, **Koşucu y Demirel (2022)** desarrollaron un modelo dinámico para válvulas reductoras de presión (PRV) en redes con alta variabilidad de demanda. Si bien la presente investigación no emplea válvulas automáticas, se identificó la necesidad de instalar válvulas de control en puntos de quiebre hidráulico con base en simulaciones, validando el principio de que el modelamiento permite anticipar el comportamiento de presión.

Asimismo, **Parvaze et al. (2023)** aplicaron algoritmos genéticos para optimizar coeficientes de válvulas en sistemas con múltiples tanques, logrando reducir pérdidas de carga y mejorar la continuidad del servicio. Aunque en Bajo Somontonari no se emplearon algoritmos, la gestión de parámetros en WaterCAD permitió controlar pérdidas por fricción y ubicar válvulas en tramos clave, demostrando que la simulación hidráulica contribuye a la eficiencia del sistema.

En el contexto nacional, **Ramos (2020)** en Cajamarca, utilizó EPANET para mejorar una red rural, concluyendo que los modelamientos hidráulicos permiten corregir errores de diseño antes de la ejecución. Esto se evidencia también en esta tesis, donde los datos de presión y velocidad obtenidos sirvieron para validar el diseño inicial, en línea con la hipótesis H1.

**Guevara (2021)**, en Ayacucho, aplicó simulación hidráulica para evaluar presiones en una red rural por gravedad. Su hallazgo central fue que el diseño hidráulico es más eficiente cuando se ajusta mediante simulación, afirmación que refuerza el resultado de esta investigación al verificar que la red de distribución de Bajo Somontonari cumple los valores normativos de presión y velocidad.

**Sánchez (2022)** en Huánuco, realizó un análisis de redes de agua potable en zonas dispersas, concluyendo que la implementación de válvulas de purga y regulación es indispensable en redes de topografía plana, como ocurre también en el presente caso, donde la mínima diferencia de cotas entre el reservorio y las viviendas hizo necesario ubicar válvulas en puntos específicos, como lo recomienda la normativa del MVCS.

A nivel regional, **Condori Quispe (2019)** desarrolló un modelamiento hidráulico en Pangoa – Satipo, encontrando presiones superiores a 50 m.c.a. que afectaban conexiones domiciliarias. Similarmente, en esta investigación se verificó que los niveles de presión son bajos en tramos distantes, y que su corrección puede lograrse con la ubicación estratégica de válvulas.

**Rojas Huamán (2020)**, en Río Tambo (Satipo), mostró que, en zonas rurales con topografía irregular, el modelamiento hidráulico permite ajustar velocidades por debajo del mínimo aceptable (0.30 m/s) sin comprometer la funcionalidad del sistema, justificando técnicamente situaciones similares encontradas en Bajo Somontonari, donde la velocidad se reduce por baja demanda por tramo, pero se mantiene dentro de parámetros aceptables.

Por último, **Apaza (2021)** en Satipo, utilizó WaterCAD para simular redes rurales y destacó que la simulación hidráulica ayuda a tomar decisiones de diseño sin recurrir a pruebas físicas costosas, hecho que se replica en esta investigación, al validar hidráulicamente la red propuesta antes de su ejecución, cumpliendo así con los criterios técnicos y económicos para zonas de difícil acceso.

La comparación del contraste entre los resultados obtenidos y los antecedentes consultados evidencia que la modelación hidráulica constituye una herramienta fundamental para verificar, validar y optimizar redes de distribución de agua potable, tanto en zonas urbanas como rurales. La gestión adecuada de los parámetros hidráulicos y la ubicación estratégica de válvulas de paso y control, sustentan las hipótesis específicas formuladas y demuestran que los criterios utilizados en esta investigación están técnica y académicamente respaldados.

## CONCLUSIONES

- El análisis efectuado mediante el modelamiento hidráulico en WaterCAD ha permitido verificar que el sistema de abastecimiento de agua potable en la red de distribución de la CC.NN. Bajo Somontonari cumple con los parámetros técnicos establecidos por la normativa vigente (R.M. N° 192-2018-VIVIENDA). La incorporación estratégica de válvulas de paso ha contribuido a optimizar el funcionamiento del sistema, validando que el modelamiento hidráulico influye directamente en el uso adecuado y eficiente de dichas válvulas, en un contexto rural y con topografía plana.
- Se identificaron las ubicaciones óptimas de válvulas de paso, tanto de control como de purga, en función de los puntos críticos de presión y en tramos donde se requieren maniobras operativas o mantenimiento. Estas válvulas se ubicaron tras evaluar presiones nodales, velocidades de flujo y configuración de la red (cerrada y ramificada), asegurando su operatividad técnica bajo condiciones reales.
- Se ejecutó la simulación hidráulica de las redes de abastecimiento de agua potable correspondientes a la CC.NN. Bajo Somontonari, con el programa WaterCAD, <sup>36</sup> para el cálculo de las pérdidas de energía en las conducciones se aplicó el método de Darcy-Weisbach. Las presiones registradas en los nodos se mantienen dentro de los valores óptimos establecidos por la normativa vigente. Sin embargo, el 48% de los tramos de la red presenta velocidades inferiores al mínimo permitido (< 0.3 m/s), lo cual se explica porque los caudales que circulan en dichos tramos son reducidos, incluso considerando el uso de los diámetros mínimos de diseño.
- La población proyectada para el diseño o futura se estimó en 124 habitantes, considerando una proyección de crecimiento poblacional anual del 1.67%. El área de estudio se encuentra en la Selva Central, caracterizada por su clima tropical y alta biodiversidad, lo que puede influir en las condiciones de infraestructura y desarrollo del proyecto.
- La dotación asignada de 100 litros por habitante por día junto con la proyección poblacional de 124 habitantes al año 2044 se fundamentaron

en criterios normativos del MVCS. Estos valores permitieron definir los caudales de diseño, garantizar la operatividad de la red y dimensionar adecuadamente el reservorio de 5 m<sup>3</sup>, en concordancia con las condiciones climatológicas y sociales de la Selva Central.

- La red diseñada consta de 26 tramos y 22 nodos, con un diseño mixto que combina ramales y circuitos cerrados. El uso de diámetros mínimos en más del 60% de los tramos responde a la baja demanda por tramo, situación típica en redes rurales. A pesar de esto, el diseño cumple con criterios normativos y operativos, asegurando la cobertura del servicio con presión suficiente en todas las viviendas proyectadas.
- El análisis de presiones y caudales mostró que el 99% de los nodos mantienen presiones dentro del rango normativo, y ningún nodo presentó presiones menores a 5 m.c.a., garantizando la funcionalidad del sistema. Sin embargo, el 48% de los tramos presentaron velocidades inferiores a 0.3 m/s. Esta situación se justifica técnicamente por la baja demanda en zonas rurales y la dispersión de los usuarios, que limitan la velocidad aún con diámetros mínimos. No obstante, las velocidades registradas son aceptables para sistemas rurales no presurizados.
- La evaluación hidráulica del sistema de distribución muestra que el 48% de los tramos presentan velocidades inferiores a la mínima permisible de 0.3 m/s. **Esto se debe a que, en el ámbito rural, el caudal que circula por las tuberías es** reducido, lo que limita el incremento de velocidad incluso cuando se utilizan diámetros mínimos permitidos. Por otro lado, el 52% de los tramos presentan velocidades entre 0.3 y 0.5 m/s, las cuales, si bien son bajas, se consideran adecuados para sistemas de suministro en áreas rurales. En conclusión, únicamente el 52% **de los tramos de la red presenta velocidades** que se ubican **dentro del rango óptimo** sugerido.
- **La red de distribución** está conformada por 26 tramos; de ellos, 10 poseen un diámetro nominal de 1 ½", el cual corresponde al valor mínimo permitido para redes cerradas. Asimismo, 12 tramos cuentan con diámetros de 1" y ¾", que constituyen el valor mínimo establecido para ramales. En conjunto, 12 tramos (65%) de la red de distribución están conformados por tuberías de diámetros mínimos, esto porque los caudales que fluyen por los tramos son pequeños, típico de saneamiento

en el ámbito rural, la red la línea de aducción, que abarca desde la salida del reservorio hasta el primer empalme en "Tee" de la red de distribución, fue diseñada con un diámetro nominal de 1 1/2".

## RECOMENDACIONES

- Se sugiere emplear el programa WaterCAD para <sup>1</sup> el modelamiento hidráulico de redes de distribución de los sistemas de agua potable, en razón de su capacidad para realizar simulaciones precisas y optimizar el diseño del sistema. No obstante, al tratarse de un software comercial con un costo de licencia elevado, es importante evaluar alternativas de acceso, como versiones educativas, licencias institucionales o el uso de programas de código abierto según la disponibilidad y los requerimientos del proyecto.
- Ubicar válvulas de paso en puntos estratégicos como uniones de ramales, cambios de diámetro o zonas elevadas, para facilitar operaciones de mantenimiento, purga de aire o cierre sectorizado. Se recomienda utilizar válvulas tipo compuerta para corte de flujo y válvulas automáticas de <sup>1</sup> la instalación de válvulas de purga en las cotas elevadas de la red.
- Se determinaron las zonas críticas en la red, ubicando tramos con presiones elevadas o velocidades bajas, lo que permitió proponer un plan de mantenimiento preventivo enfocado en dichos sectores. Este plan contempla inspecciones periódicas, limpieza de válvulas de purga y control de presiones en nodos estratégicos, lo cual permitirá mejorar la sostenibilidad del sistema en el tiempo.
- Se aconseja efectuar el diseño en un período extendido, lo que permite evaluar <sup>1</sup> el comportamiento dinámico de las presiones en los nodos de la red de distribución de agua potable. Este análisis permite evaluar variaciones de presión a lo largo del día, identificar posibles déficits o excesos y optimizar la operación del sistema. Además, contribuye al cumplimiento de los criterios hidráulicos definidos en la Norma Técnica de Saneamiento para el diseño de sistemas de abastecimiento <sup>3</sup> de agua potable en zonas rurales, según la Resolución Ministerial N° 192-2028-VIVIENDA, garantizando así un suministro eficiente y continuo en diversas condiciones de demanda.
- Se recomienda complementar <sup>1</sup> el diseño de las redes de distribución de agua con los lineamientos específicos en áreas con relieve plano o con ligeras pendientes, donde sea necesario incorporar válvulas de control y dispositivos de purga, debido a que la implementación de estas

estructuras hidráulicas en el software, en su versión actual, presenta herramientas limitadas y una representación compleja para su modelación. Por ello, es fundamental considerar criterios adicionales y ajustes manuales en el diseño para garantizar una simulación más precisa del comportamiento hidráulico del sistema.

- Capacitar al personal técnico y operadores locales en el uso básico del software de modelamiento hidráulico como WaterCAD o EPANET, con el fin de fomentar el uso de herramientas tecnológicas en proyectos de saneamiento rural, así como en la actualización futura de la red o ante cambios de demanda.
- Revisar periódicamente las presiones y caudales en el sistema operativo, una vez construido, para verificar si los parámetros del modelamiento coinciden con los datos reales. Esto permitirá ajustes técnicos posteriores y mejoras en futuras ampliaciones del sistema.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

5 Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Sistemas de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades. La Haya, 1983.

Normas oficiales de la calidad de agua (Perú). Reglamento de calidad de agua de consumo humano. Perú, 1995.

Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC). Agua Potable – Requisitos. Norma Técnica. Perú, 1987.

Dirección Regional de Salud Ambiental (DIGESA). Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria. Norma OS.100. 7 p.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales. OPS/CEPIS/04.107. Lima, 2004. 25 p.

Simón Arocha R, Abastecimientos de Agua Teoría y Diseño. Venezuela, 1990

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). Guía para el diseño y construcción de reservorios apoyados. OPS/CEPIS/04.108. Lima, 2004. 35 p.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). Guía para el diseño de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimiento de agua. OPS/CEPIS/05.145. Lima, 2005. 13 p.

Ministerio de Salud (Perú). "Abastecimiento de Agua y Saneamiento para poblaciones Rurales y Urbano Marginales". Norma Técnica. Perú, 1994. 33p.

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería. Abastecimiento de agua potable a comunidades rurales. Buenos Aires, 1971.

Poma V; Soto J; Diseño de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable del caserío de La Hacienda - distrito de Santa Rosa - provincia de Jaén - departamento de Cajamarca [Tesis para el título profesional].

Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego. Facultad de Ingeniería; 2016.

<sup>3</sup> Reglamento Nacional de Edificaciones. Obras de saneamiento. Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria. [OS. 100].

Lima: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.; 2016.p. 01

# **ANEXOS**

**ANEXO N° 01**  
**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

Problema	Objetivos	Hipótesis	VARIABLES	Metodología	Población y Muestra
<p><b>Problema General</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿De qué manera el modelamiento hidráulico influye en el uso adecuado de las válvulas de paso, en la Red de Distribución de agua potable de la CC.NN. Bajo Somontonari, Río Negro, Satipo, Junín 2024?</li> </ul> <p><b>Problemas Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿De qué manera el modelamiento hidráulico permite identificar las ubicaciones óptimas de las válvulas de paso en la red de distribución de agua potable?</li> <li>¿Cómo influye el análisis de presiones y caudales mediante modelamiento hidráulico en la correcta operación y cierre de válvulas de paso?</li> <li>¿De qué forma la simulación hidráulica contribuye a planificar el mantenimiento preventivo de las válvulas de paso?</li> </ul>	<p><b>Objetivo General</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar la influencia del modelamiento hidráulico en el uso adecuado de las válvulas de paso en la red de distribución de agua potable de la CC.NN. Bajo Somontonari, Río Negro, Satipo, Junín, durante el año 2024.</li> </ul> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar las ubicaciones óptimas de las válvulas de paso mediante el modelamiento hidráulico en la red de distribución de agua potable de la CC.NN. Bajo somontonari, durante el año 2024.</li> <li>Evaluar el comportamiento de presiones y caudales mediante simulación hidráulica, para optimizar la operación de las válvulas de paso en la red de distribución de agua potable de la CC.NN. Bajo Somontonari, durante el año 2024.</li> <li>Determinar las zonas críticas de la red de distribución mediante modelamiento hidráulico, para establecer un plan de mantenimiento preventivo de válvulas de paso en la CC.NN. Bajo Somontonari, durante el año 2024.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Si se aplica el modelamiento hidráulico con el software WaterCAD, entonces se logrará el uso adecuado de las válvulas de paso de la red de distribución de agua potable de la CC.NN. Bajo Somontonari, Río Negro, Satipo, Junín 2024.</li> </ul> <p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Si se desarrolla el modelamiento hidráulico de la red de distribución, entonces se podrá verificar su eficiencia técnica, de acuerdo con los lineamientos de la Normativa de Obras de Saneamiento Rural.</li> <li>Si se gestionan adecuadamente los parámetros hidráulicos mediante el software WaterCAD, entonces será posible determinar las ubicaciones estratégicas de las válvulas de paso.</li> </ul>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Modelamiento hidráulico con el software WaterCAD</p> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Uso adecuado de las válvulas de paso de la Red de distribución</p>	<p><b>Enfoque Cuantitativo</b></p> <p>Recolección y prueba con datos numéricos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Datos topográficos de la red de distribución.</li> <li>Datos del caudal máximo horario</li> <li>Datos de la pérdida de carga en la red de distribución.</li> </ul> <p><b>Alcance Correlacional – Descriptivo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Correlacional, se compara la variable mediante las normas vigente de Saneamiento</li> <li>Descriptivo, por ser de forma teórica – metódica, al ser aplicativo</li> </ul> <p><b>Diseño cuasi – experimental</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se procesará los datos recolectados a través del software de ingeniería WaterCAD. Para comparar con las normas vigentes de Saneamiento y poder determinar su aplicación en el diseño hidráulico de las válvulas de paso.</li> </ul>	<p><b>Población</b></p> <p>Habitantes Beneficiarios del distrito de río negro, Provincia de Satipo, departamento Junín.</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>Beneficiarios del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad nativa de bajo Somontonari, distrito de río negro, provincia de Satipo, departamento de Junín</p>

**ANEXO N° 02**  
**RESOLUCIÓN DE ASESOR**

**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**  
**Facultad de Ingeniería**

**RESOLUCIÓN N° 1004-2024-D-FI-UDH**

Huánuco, 07 de mayo de 2024

Visto, el Oficio N° 700-2024-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 487229-0000005080, del Bach. **Jerry Wenceslao AGUILAR BENITES**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

**CONSIDERANDO:**

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 487229-0000005080, presentado por el (la) Bach. **Jerry Wenceslao AGUILAR BENITES**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. Martin Cesar Valdivieso Echevarria, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

**SE RESUELVE:**

**Artículo Primero** - DESIGNAR, como Asesor de Tesis del Bach. **Jerry Wenceslao AGUILAR BENITES** al Mg. Martin Cesar Valdivieso Echevarria, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

**Artículo Segundo** - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

**REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE**



Distribución

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Mat. y Reg. Acad. - Intermedio - Archivo  
BLCREJML/ata.

**ANEXO N° 03**  
**RESOLUCIÓN DE JURADOS**

**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**  
**Facultad de Ingeniería**

**RESOLUCIÓN N° 0610-2025-D-FI-UDH**

Huánuco, 08 de abril de 2025

Visto, el Of. N° 0375-2025-C-PAIC-FI-UDHy el Exp. N° 539212-000002154, presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil, quien informa que el (la) Bach. Bach. **Jerry Wenceslao AGUILAR BENITES**, solicita Revisión del informe final del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulada: **"MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, PARA EL USO ADECUADO DE VALVULAS DE PASO EN LA CC.NN. BAJO SOMONTONARI, RIO NEGRO, SATIPO, JUNIN 2024"**.

**CONSIDERANDO:**

Que, de acuerdo al Art. N° 38 y 39 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, es necesaria la revisión del Trabajo de Investigación (Tesis) por la Comisión de Grados y Títulos del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, de la Universidad de Huánuco; y,

Que, para tal efecto es necesario nombrar al Jurado Revisor y/o evaluador, compuesta por tres miembros docentes de la Especialidad; y,

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

**SE RESUELVE:**

**Artículo Primero.- NOMBRAR**, al Jurado Revisor que evaluará el informe final del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulada: **"MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, PARA EL USO ADECUADO DE VALVULAS DE PASO EN LA CC.NN. BAJO SOMONTONARI, RIO NEGRO, SATIPO, JUNIN 2024"**, presentado por el (la) Bach. **Jerry Wenceslao AGUILAR BENITES** del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, conformado por los siguientes docentes:

- Mg. Ingrid Delia Dignarda Arteaga Espinoza PRESIDENTE
- Mg. José Wicley Tuanama Lavi SECRETARIO
- Mg. Biseth Miraval Rojas VOCAL

**Artículo Segundo.-** Los miembros del Jurado Revisor tienen un plazo de siete (07) días hábiles como máximo, para emitir el informe y opinión acerca del Informe Final del Trabajo de Investigación (Tesis).

REGISTRESE, COMUNIQUESE Y ARCHIVASE.



Distribución:  
CPAIC -Mat. y Reg. Acad.- Interesado- Jurado (03)- Archivo  
BCI/23M/oto.

**ANEXO N° 04**  
**PARÁMETROS DE DISEÑO**  
**HIDRAÚLICO**

**CALCULO DE PERIODO DE DISEÑO, POBLACIÓN Y DOTACIÓN DE AGUA  
CAUDAL DE DISEÑO PARA SISTEMA DE AGUA POTABLE**

**TESIS:** MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, PARA EL USO ADECUADO DE VALVULAS DE PASO EN LA CC.NN. BAJO SOMONTONARI, RIO NEGRO, SATIPO, JUNIN 2024\*

**PROYECTO:** SISTEMA DE AGUA POTABLE

**LOCALIDAD:** C.N. Bajo Somontonari      **PROVINCIA:** Satipo  
**DISTRITO:** Rio Negro      **REGIÓN:** Junin

**I.- POBLACIÓN**

La población base se determino a partir del padrón de usuarios registrados en la localidad, a partir de ahí se determino la cantidad de viviendas y pobladores que abastecidos de agua potable a partir de la captación proyectada, la zona se encuentra en zona de selva, cercano a la ciudad de Rio Negro, provincia de Satipo.

**CUADRO N° 1  
RESUMEN DE PRADON DE USUARIOS- AÑO 2024**

RESUMEN	VIVIENDAS	HABITANTES	DENSIDAD
TOTAL DE VIVIENDA	38	124	3.26

Fuente: Padrón de Usuarios

Además dentro de la localidad tenemos instituciones publicas y sociales las cuales se detallas a continuación

**CUADRO N° 2  
USUARIOS EN INSTITUCIONES PUBLICAS - AÑO 2024**

CODIGO MODULAR	NOMBRE DE INSTITUCION	TIPO DE INST.	USUARIOS
1590199	Inst. Educativa Inicial N° 1702-A	INICIAL	11
0714139	Inst. Educativa Primaria N° 31826	PRIMARIA	17

Fuente: Padrón de Usuarios

A demás la localidad cuenta con cuatros sectores de abastecimieb, en todas se plantea conexiones domiciliarias con arraste hidráulico. A continuación se determinara la cantidad de viviendas que existen en la localidad de CC.NN. BAJO SOMON SOMONTONARI

**CUADRO N° 3  
POBLACION Y VIVIENDA POR SECTORES**

SECTOR	LOTES	DENSIDAD	POBLACION
VIVIENDAS	38	3.26	124
CENTROS EDUCATIVOS	2		
OTROS	0		
	40		124

**II.- PERIODO DE DISEÑO:**

La solución técnica que resulta optima desde el punto de vista económico, es aquella que reduce al mínimo la suma descontada de los costos de inversión y operación durante el periodo analizado.

De acuerdo al Anexo SNIP 10 el horizonte de evaluación de agua potable es de 20 años y para saneamiento se obtendrá a partir del siguiente cuadro:

**CUADRO N° 4  
HORIZONTE DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO (PERIODO DE DISEÑO)**

ESTRUCTURA	PERIODO DE DISEÑO
Líneas de conducción, aducción, impulsión y distribución	20 años

\*\* El periodo de diseño dependerá del material que use el constructor para su diseño

### III.- CALCULO DE LA POBLACIÓN

Se determina la población futura en base al Método Aritmético, se compone con los siguientes parametros:

#### a) Método aritmético

$$P_f = P_i + r \cdot t$$

Donde:

Pf : Población Futura

Pi : Población Inicial del año base

r : Constante de Crecimiento Aritmético

t : Tiempo en Años

#### PERIODO DE DISEÑO PARA EL PROYECTO :

Para el calculo de la población futura el consultor realiza el método Aritmetico para el crecimiento poblacional de la zona.

$$P_f = P_i + r \cdot t$$

#### POBLACIÓN AÑO 1

Primero se proyectara la población al año 1, asumiendo como año base el 2024 y año uno el 2025.

Así mismo se tiene un a tasa de crecimiento de : r (Constante de Crecimiento Lineal) 1.67%

Sustento de la Tasa de Crecimiento poblacional; se encuentra en la pestaña de "TASA DE CRECIMIENTO"

CUADRON° 5  
CALCULO DE POBLACION EN EL AÑO 1

PERIODO	AÑO	VIVIENDAS		INST. PUBLICAS			INST. SOCIAL		
		POB. (hab)	LOTES (viv)	INICIAL (hab)	PRIM. (hab)	SEC. (hab)	L. COM. (hab)	C. MED. (hab)	OTROS (hab)
Año Base :	2024	124	38	11	17	0	0	0	0
Año 0 :	2024	124	38	11	17	0	0	0	0
Año 1 :	2025	126	39	11	18	0	0	0	0

Fuente: propia

#### POBLACIÓN FUTURA

Para proyectos de agua potable y UBS - Arrastre Hidraulico se emplea un periodo de diseño de: 20 años

CUADRON° 6  
CALCULO DE POBLACION EN EL AÑO 1

PERIODO	AÑO	VIVIENDAS		INST. PUBLICAS			INST. SOCIAL		
		POB. (hab)	LOTES (viv)	INICIAL (hab)	PRIM. (hab)	SEC. (hab)	L. COM. (hab)	C. MED. (hab)	OTROS (hab)
Año 0:	2024	124	38	11	17	0	0	0	0
Año 10:	2034	145	44	13	20	0	0	0	0
Año 20:	2044	165	51	15	23	0	0	0	0

Fuente: propia

#### Determinación de población futura

Poblacion en el año de Base:	124 hab
Poblacion en el año de Diseño:	165 hab
Incremento de Población	41 hab
% de incidencia de crecimiento en Sector I	100.00 %
Incremento de Población sector Centro	41 hab
Incremento de Población sector Exterior	- hab

- Determinación de viviendas futura

Viviendas en el año de Base:	38 viv
Viviendas en el año de Diseño:	51 viv
Incremento de Viviendas	13 viv
% de incidencia de crecimiento en Sector I	100.00 %
Incremento de Viviendas sector Centro	13 viv
Incremento de Viviendas sector Exterior	- viv

En la siguiente cuadro se muestra la población base y futura por sectores y sus respectivo crecimiento

CUADRO N° 3  
RESUMEN DE POBLACION ACTUAL Y FUTURA

SECTOR	POBL. INIC.	INCR. POBL.	POBL. FINAL	VIV. INIC.	INCR. VIV.	VIV. FINAL
S1	124	41	165	38	13	51

Fuente: propia

IV.- DOTACIÓN

Existe correlación entre la contribución per cápita del abastecimiento de agua y la contribución de desagüe, ya que uno proviene del otro. La dotación promedio diaria anual por habitante, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadísticas comprobadas.

Para nuestro caso se tomará los criterios establecidos por el Programa Nacional de saneamiento Rural PNSR, los cuales se indican a continuación

a) Consumo Domestico

Para el consumo domestico del servicio de agua potable se requiere determinar el tipo de unidad de saneamiento que se instalará para lo cual se deberá tener en cuenta las siguientes dotaciones.

CUADRO 7  
DOTACIÓN SEGÚN REGIÓN Y TIPO DE UBS ÁMBITO RURAL  
(l/hab/día)

ZONA	TIPO DE UBS	
	SIN ARRASTRE HIDRAULICO	CON ARRASTRE HIDRAULICO
COSTA	60	90
SIERRA	50	80
SELVA	70	100

Fuente: Cuadro N° 3 dotación Según Región y Tipo de UBS ámbito rural de la Guía para elaboración de proyectos de agua y saneamiento del programa Nacional de saneamiento Rural.

b) Consumo estatal

Para el consumo estatal de agua se considera lo siguiente:

CUADRO 8  
INSTITUCIONES EDUCATIVAS  
(l/hab/día)

ZONA	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	DOTACIÓN
COSTA, SIERRA Y SELVA	Educación inicial Y primaria	20
	Educación secundaria	25

Fuente: Cuadro N° 3 Instituciones Educativas de la Guía para elaboración de proyectos de agua y saneamiento del programa Nacional de saneamiento Rural.

#### V- CONSUMO DE AGUA

La cantidad de agua que se consume en una red pública varía continuamente bajo la influencia de las actividades y hábitos de la población, condiciones del clima, costumbres.

Hay meses en el que el consumo de aguas de agua es elevado, así también durante un mes hay días de mayor consumo, lo mismo que durante el día, el consumo varía constantemente.

Los consumos de agua de la ciudad tiene pues variaciones mensuales, diarias y horarias.

Estas variaciones pueden expresarse en un porcentaje del consumo o gastos promedio (Qp)

##### a) GASTO PROMEDIO

El gasto promedio diario se define como el promedio de los consumos diarios durante un año. Por lo tanto, el gasto promedio diario expresa la relación entre el volumen total consumido por la población en un día se expresa generalmente en l/s/seg y está representado por:

$$Q_p = \frac{\text{Poblacion} \cdot \text{Dotacion}}{24 \text{ horas} \cdot 3600 \text{ s}}$$

También por :

$$Q_p = \frac{\text{Poblacion} \cdot \text{Dotacion}}{86400} \text{ l / seg}$$

##### a.1) Gasto por Consumo Domestico

ZONA	TIPO DE UBS	
	SIN ARRASTRE HIDRAULICO	CON ARRASTRE HIDRAULICO
COSTA	80	90
SIERRA	50	80
SELVA	70	100

CUADRO 10  
CONSUMO DOMESTICO (l/s)

POBLACIÓN DISEÑO	ZONA	TIPO	DOTACIÓN l/hab/día	GASTO l/s
165	Selva	UBS A. H.	100	0.191
Fuente: Propia				Total = 0.191

##### a.2) Gasto por Consumo Estatal

ZONA	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	DOTACIÓN
COSTA, SIERRA Y SELVA	Educación inicial Y primaria	20
	Educación secundaria	25

CUADRO 11  
CONSUMO ESTATAL (l/s)

POBLACIÓN DISEÑO	ZONA	TIPO	DOTACIÓN l/hab/día	GASTO l/s
15	Selva	Ed. Inicial	20	0.003
23	Selva	Ed. Primaria	20	0.005
Fuente: Propia				Total = 0.009

a.4) Resumen de consumo

Consumo Domestico	0.191	l/s
Consumo Estatal	0.009	l/s
<b>consumo Total</b>	<b>0.200</b>	<b>l/s</b>

a) PERDIDAS FÍSICAS

Corresponde a pérdidas reales de agua potable, es decir es agua potable producida pero no utilizada por efectos de fugas en tuberías en mal estado, rebose no controlado en reservorios, etc. Las pérdidas se estiman con un % de la producción

$$PF = Produccion \cdot \%Perdida$$

$$Q_{medio} = Consumo\ total / (1 - \%PF)$$

asumiendo una pérdida en todo el sistema de: 0%

Q <sub>medio domestico</sub>	0.191	l/s
Q <sub>medio estatal</sub>	0.009	l/s
<b>Q<sub>medio</sub></b>	<b>0.200</b>	<b>l/s</b>

$$Q_{medio} = 0.200\ l/s$$

VI. VARIACIÓN DE CONSUMO

De acuerdo a condiciones de cada ciudad el consumo de agua sufre variaciones diarias determinadas por las estaciones, costumbres, etc. Lo cual hace determinar días del año se presenten máximos y mínimos consumos, igualmente existen horas en que se presentan máximos y mínimos consumos.

a) GASTO MÁXIMO DIARIO

Se define como máximo diario al día de máximo consumo de una serie de registros observados durante 365 días de un año.

De acuerdo a las variaciones de todo un año se puede determinar el día más crítico que necesariamente tiene que ser satisfecho por el sistema de agua potable. Este valor, relaciona con el consumo promedio diario permite establecer coeficiente de variación horaria

COEFICIENTE DE VARIACIÓN DIARIA K1

Es la relación existente entre el gasto efectuado en el día de máximo consumo y el gasto promedio.

$$k_1 = \frac{Gasto\ del\ Día\ máximo\ consumo}{Gasto\ promedio}$$

$$K1 = 1.3$$

El gasto máximo diario representa pues el promedio diario por el coeficiente de variación diaria, o sea:

$$Q_{md} = Q_p \cdot k_1$$

1) DONDE :

Q<sub>md</sub> = Gasto máximo diario expresado en l/s

Q<sub>p</sub> = Gasto promedio expresado en l/s

K1 = Coeficiente de variación diaria que varía 1.3-2.0 (Según tipo de habilitación)

Q <sub>máximo diario domestico</sub>	0.248	l/s
Q <sub>máximo diario estatal</sub>	0.011	l/s
Q <sub>máximo diario</sub>	0.260	l/s

Q<sub>md</sub> = 0.260 l/seg

**b) GASTO MÁXIMO HORARIO**

El valor máximo que se tiene durante un día será h<sub>g</sub> de máximo consumo  
El gasto máximo horario será relacionado respecto al gasto promedio, según la siguiente expresión:

$$Q_{mh} = Q_p \cdot K_2$$

K<sub>2</sub> = 2

**DONDE:**  
Q<sub>mh</sub> = Gasto máximo Horario expresado en l/s/s  
Q<sub>p</sub> = Gasto promedio expresado en l/s/s  
K<sub>2</sub> = Coeficiente de variación Horaria que varía entre 1.8-2.5 (Según tipo de habitación) respecto al gastb promedio.

Q <sub>máximo horario domestico</sub>	0.382	l/s
Q <sub>máximo horario estatal</sub>	0.018	l/s
Q <sub>máximo horario</sub>	0.400	l/s

Q<sub>mh</sub> = 0.400 l/seg

**CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LA TASA DE CRECIMIENTO**

**TESIS:** "MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, PARA EL USO ADECUADO DE VALVULAS DE PASO EN LA CC.NN. BAJO SOMONTONARI, RIO NEGRO, SATIPO, JUNIN 2024"

**PROYECTO:** SISTEMA DE AGUA POTABLE  
**LOCALIDAD:** C. N. BAJO SOMONTONARI  
**DISTRITO:** RIO NEGRO  
**PROVINCIA:** SATIPO  
**REGION:** JUNIN

**1) CÁLCULOS DE TASA S DE CRECIMIENTO POR CADA DISTRITO MAS CERCANOS AL DISTRITO DE RIO NEGRO**

**A) TASA DE CRECIMIENTO A NIVEL DISTRITAL POR PARTE DEL INEI EN EL AÑO 2007.**

CPV 2007: Indicadores

Nº Filas: 1 | Nº Columnas: 5

País	Departamento	Provincia	Distrito	Tema	Sub Tema	Descripcion	Clase	Total	Area Urbana	Area Rural	Sexo - Hombre	Sexo - Mujer
							Medidas	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Perú	Junin	Satipo	Rio Negro	Demográfico	General	Tasa de Crecimiento de la población (1993-2007)		2.3	-	-	-	-

**TASA (r) = 2.30% A NIVEL DISTRITO DE RIO NEGRO**

**B) TASA DE CRECIMIENTO A NIVEL DE LOCALIDAD DE BAJO SOMONTONARI POR PARTE DE LA INEI Y EL COMITÉ DE LA JAAS**

Se realizó un último censo por parte del consultor y el comité de la JAAS en el año 2007, teniendo el resultado de 25,981 habitantes en el año 2007, los cuales se presentan en las actas del padrón beneficiario y por parte de datos estadísticos de la INEI, se registró 30,651 habitantes en el año 2017, estos datos realizados sustentan la tasa de crecimiento actual y a nivel de localidad, la cual sería la tasa de crecimiento más precisa, y como pertenece a la misma localidad de diseño, es conveniente hacer uso de esta información obtenida por el comité de la JAAS y la INEI.

DESCRIPCION	CANT	UND	FORMULAS A APLICAR				
			año0	2007	Po :	25981	hab
Tasa de crecimiento	1.67	%	año1	2017	Pt :	30651	hab
			tiempo:	t :	10	años	

**NOTA: Si la tasa es negativa se considerara una tasa 0 según RM-192 - MVCS - 2018**

**Ámbito Geográfico** Perú, Departamento, Provincia y Distrito

Justificación	
<b>Propósito de uso</b>	La tasa de crecimiento de población determina la velocidad de cambio demográfico de un país, región o localidad. Permite analizar la evolución demográfica y efectuar comparaciones entre regiones.
<b>Fórmula</b>	$r = ((Pt / Po)^{1/n} - 1) \times 100$ Donde: Pt es el total de habitantes del censo de 2007; Po es el total de habitantes del censo de 1993, t es el tiempo transcurrido entre ambos censos (años y fracción).
Fuente: INEI - 2007	

CC.NN. BAJO SOMONTONARI (RURAL)		
Año	Población	r (%)
2007	25981.00	
2017	30651.00	1.67%
<b>TASA (r) = 1.67%</b>		

**a) Método Geométrico**

$$P_f = P_i(1 + r)^t$$

Donde :  
 Pf : Población Futura  
 Pi : Población Inicial  
 r : Constante de Crecimiento geométrico  
 N : Periodo de Diseño en Años

$$r = \left(\frac{P_f}{P_i}\right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

Por lo tanto la tasa de crecimiento población a nivel de la localidad de Bajo Somontonari se considerara:

**TASA (r) = 1.67% A NIVEL DE LOCALIDAD DE BAJO SOMONTONARI**

## DISEÑO DE RESERVORIO

**7** TESIS : MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, PARA EL USO ADECUADO DE VALVULAS DE PASO EN LA CC.NN. BAJO SOMONTONARI, RIO NEGRO, SATIPO, JUNIN 2024\*

PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE

LOCALIDAD : C.N. Bajo Somontonari      PROVINCIA: Satipo  
 DISTRITO : Rio Negro                              REGIÓN: Junin

### 3 NORMA OS. 030 ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

POBLACIÓN ACTUAL :	124	HABITANTES
POBLACIÓN DE DISEÑO :	165	HABITANTES
CAUDAL PROMEDIO PARA AGUA POTABLE:	0.200	LTS/SEG

**I.- VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO(reservorio)**

El volumen total de almacenamiento estará conformada por los siguientes elementos.

$V_{\text{ALMACENAMIENTO}} = V_{\text{REGULACION}} + V_{\text{INCEN}} + V_{\text{RESEVA}}$

VALMACENAMIENTO=	4.32	<b>3</b> m3
------------------	------	-------------

Considerando el Volumen de Reservorio de almacenamiento redondeado:

VALMACENAMIENTO=	5.00	M3
------------------	------	----

**a.- VOLUMEN DE REGULACIÓN:**

El volumen de regulación debería ser calculado con el diagrama masa correspondiente a las variaciones horarias de la demanda.

La Guía del MVCS, RM N° 173-2016-VIVIENDA recomienda: **17** El volumen de almacenamiento será del 25% de la demanda diaria promedio anual (Qm), siempre que el suministro de agua de la fuente sea continuo. Si el suministro es discontinuo, la capacidad será como mínimo del 30% de Qm

$V_{\text{REGULACION}} = 0.25 \times Q_p \times 24 \text{ horas de funcionamiento}$

VREGULACION=	4.32	m3
--------------	------	----

**b.- VOLUMEN DE RESERVA:**

El volumen de reserva se justifica con el volumen adicional que se requiera para un abastecimiento de 2 horas

$V_{\text{reserv}} = Q_p \times T / 24$   
 con: 2Hr. < T < 4hr.

Vreserv =	0.00	m3
-----------	------	----

**c.- VOLUMEN CONTRA INCENDIO**

Población	
<10,000	-----
10,000-100,000	2 grifos; T <sub>min</sub> =2Hr.
>100,000	1 en zona residencial con 2 grifos; 1 en zona M3 T <sub>min</sub> =2Hr.

VINCEN=	0.00	m3
---------	------	----

Pero como la población es menor a 10,000 habitantes no se considera.

Volumen a Represar :

5.00 m3
---------

### 3 II.- VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO POR ZONAS

El volumen de almacenamiento será redistribuido en la cantidad de reservorios propuestos y distribuidos de forma proporcional a la cantidad de dotación que abastece cada red.  
Del análisis con WaterCad se obtuvo los siguientes valores

CUADRO N 26  
PORCENTAJE DE APORTE POR SISTEMA

RESERVORIO	ELEVACIÓN (m)	Qp/ SISTEMA (l/s)*	% de Aporte
R-1	522.95	0.200	100.0%
<b>TOTAL =</b>		<b>0.200</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: Propia

\* Representa el consumo horario, que viene a ser la Consumo Promedio multiplicado por el Coeficiente de variación horaria

Teniendo el porcentaje de aporte de cada sistema se determina el volumen parcial de cada reservorio

CUADRO 27  
DISTRIBUCIÓN DE VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO

Reserv.	% de Aporte	Vol. Neto	Vol. Prop.
Sistema 1: R1	100.0%	5.0	5.00 ✓
	1	5.0	5.0

### 3 III.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El volumen de Almacenamiento del reservorio 01 será de 5 m<sup>3</sup> respectivamente
- El diseño fue realizada para una población de 165 hab

**CALCULO DE GASTO PROMEDIO POR SISTEMA (RED PRINCIPAL Y SECUNDARIAS)**

TESIS : 7 MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, PARA EL USO ADECUADO DE VALVULAS DE PASO EN LA CC.NN. BAJO SOMONTONARI, RIO NEGRO, SATIPO, JUNIN 2024\*

PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE

LOCALIDAD : C.N. Bajo Somontonari PROVINCIA: Satipo  
 DISTRITO : Rio Negro REGION : Junin

I.- DATOS INICIALES

GASTOS PROMEDIO UNITARIO (Q<sub>p unitario</sub>)

a) Gasto Domestico

El gasto promedio unitario de uso domestico se obtendrá de dividiendo la el gasto promedio entre la población o el numero de viviendas

**CUADRO 13**  
GASTO DOMESTICO UNITARIO

	Año Base viv	Año Diseño viv	Incr. viv	Qp l/s	Q <sub>unitario</sub> l/s/viv
Vivienda	38	51	13	0.191	0.0037
	38	51		0.191	

Fuente: Propia

b) Gasto Estatal

El gasto promedio unitario de uso Estatal se obtendrá de dividiendo la el gasto promedio entre la población de la institución educativa

**CUADRO 14**  
GASTO ESTATAL UNITARIO

	FUTURA Alumnos	Qp l/s	Q <sub>unitario</sub> l/s/alumno
Población Inicial	15.00	0.003	0.0002
Población Primaria	23.00	0.005	0.0002
Fuente: Propia		0.009	

D) Resumen

Q <sub>p domestico</sub>	0.191	l/s
Q <sub>p estatal</sub>	0.009	l/s
Q <sub>p horario</sub>	0.200	l/s

II.- DOTACIÓN EN LOS NUDOS Y SISTEMAS DE ANÁLISIS

A continuación se analiza el consumo para cada sistema planteado a partir del consumo en cada nodo en la red.

**CUADRO 16**  
DOTACIÓN POR NODO Y SISTEMA

Nodo	GASTO DOMESTICO					GASTO ESTATAL					
	Lote y/o vivienda existente	Lote y/o vivienda proyectada	Lote y/o vivienda Total	Sector	Gasto Unitario (L/s/viv)	Gasto domestico (l/s)	TIPO	Pobla. (hab)	Gasto Unitario (L/s/hab)	Gasto Estatal (l/s)	GASTO l/s
J-1	0	0	0	Sectr I	0.0050	0.0000					0.0000
J-2	0	0	0	Sectr I	0.0050	0.0000					0.0000
J-3	0	0	0	Sectr I	0.0050	0.0000					0.0000
J-4	0	0	0	Sectr I	0.0050	0.0000					0.0000
J-5	0	0	0	Sectr I	0.0050	0.0000					0.0000
J-6	0	0	0	Sectr I	0.0050	0.0000					0.0000
J-7	0	0	0	Sectr I	0.0050	0.0000					0.0000
J-8	0	0	0	Sectr I	0.0050	0.0000					0.0000
J-9	2	0	2	Sectr I	0.0050	0.0101					0.0101
J-10	2	0	2	Sectr I	0.0050	0.0101					0.0101
J-11	2	0	2	Sectr I	0.0050	0.0101	Primaria	23	0.000231	0.0053	0.0154
J-12	4	0	4	Sectr I	0.0050	0.0201					0.0201

J-13	1	7	Sector I	0.0050	0.0352	Inicial	15	0.000231	0.0035	0.0387
J-14	0	0	Sector I	0.0050	0.0000					0.0000
J-15	4	4	Sector I	0.0050	0.0201					0.0201
J-16	1	1	Sector I	0.0050	0.0050					0.0050
J-17	2	2	Sector I	0.0050	0.0101					0.0101
J-18	5	5	Sector I	0.0050	0.0251					0.0251
J-19	0	0	Sector I	0.0050	0.0000					0.0000
J-20	2	2	Sector I	0.0050	0.0101					0.0101
J-21	5	5	Sector I	0.0050	0.0251					0.0251
<b>TOTAL =</b>	<b>38</b>	<b>0</b>	<b>38</b>							
					0.191				0.009	0.200

Fuente: Propia ver plano de esquema de red

**1** CUADRO 17a  
RESUMEN DE DOTACIÓN POR SISTEMA

Sistema	Gasto Domestico	Gasto Estatal	Gasto Social	Gasto Prom.
S1	0.1910	0.009	0.0000	0.200
	0.191	0.009	0.000	0.200

Fuente: Propia

## 7 DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN (RESULTADOS DEL WATERCAD)

**TESIS :** "MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, PARA EL USO ADECUADO DE VALVULAS DE PASO EN LA CC.NN. BAJO SOMONTONARI, RIO NEGRO, SATIPO, JUNIN 2024"

**PROYECTO :** SISTEMA DE AGUA POTABLE

**LOCALIDAD :** C.N. Bajo Somontnari  
**DISTRITO :** Rio Negro

**PROVINCIA:** Satipo  
**REGIÓN :** Junin

### 2 I.- DOTACIÓN EN LOS NUDOS DE ANÁLISIS

La cantidad de agua que se consume en una red publica varia continuamente bajo la influencia de las actividades y hábitos de la población, condiciones del clima, costumbres.

El Gasto máximo Horario esta en función del Gasto promedio y el coeficiente (K<sub>2</sub>)

$$Q_{mh} = Q_p \cdot K_2$$

$$K_2 = 2$$

Se presenta a continuación el cálculo de consumo por cada nodo planteado en el sistema

**CUADRO 19  
GAS TO MÁXIMO DIARIO/NODO**

Nodo	Gp (l/s)	Gmh (l/s)	ELEV (m)	SISTEMA
J-1	0.0000	0.0000	485.93	S1
J-2	0.0000	0.0000	486.95	S1
J-3	0.0000	0.0000	478.08	S1
J-4	0.0000	0.0000	475.33	S1
J-5	0.0000	0.0000	474.87	S1
J-6	0.0000	0.0000	473.91	S1
J-7	0.0000	0.0000	476.70	S1
J-8	0.0000	0.0000	477.76	S1
J-9	0.0101	0.0201	479.00	S1
J-10	0.0101	0.0201	479.03	S1
J-11	0.0154	0.0308	478.92	S1
J-12	0.0201	0.0402	478.84	S1
J-13	0.0387	0.0773	477.66	S1
J-14	0.0000	0.0000	476.41	S1
J-15	0.0201	0.0402	476.89	S1
J-16	0.0050	0.0101	475.37	S1
J-17	0.0101	0.0201	475.48	S1
J-18	0.0251	0.0503	474.68	S1
J-19	0.0000	0.0000	476.69	S1
J-20	0.0101	0.0201	474.67	S1
J-21	0.0251	0.0503	474.81	S1
<b>TOTAL =</b>	<b>0.200</b>	<b>0.400</b>		

Fuente: propia ver plano de esquema de red

### 2 II.- PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Las tuberías emplear serán de material de fácil adquisición, de diámetros comerciales, tal como se muestra en la siguiente tabla.

**CUADRO 20  
PROPIEDADES DE MATERIALES**

Tubería	Longitud	Nudo Inicio	Nudo Final	Diámetro (in)	Material	Pendiente
P-1	199.44	RESERVORIO	J-1	1 1/2	PVC	0.50%
P-2	27.26	J-1	J-2	1 1/2	PVC	0.50%
P-3	299.88	J-2	J-3	1 1/2	PVC	0.50%
P-4	112.91	J-3	J-4	1 1/2	PVC	0.50%
P-5	19.72	J-4	J-5	1 1/2	PVC	0.50%
P-6	77.31	J-5	J-6	1 1/2	PVC	0.50%
P-7	38.81	J-6	J-7	1 1/2	PVC	0.50%
P-8	12.11	J-7	J-8	1 1/2	PVC	0.50%

P-9	65.90	J-8	J-9	1 1/2	PVC	0.50%
P-10	34.79	J-9	J-10	1 1/2	PVC	0.50%
P-11	67.45	J-10	J-11	1	PVC	0.80%
P-12	76.34	J-11	J-12	1	PVC	0.60%
P-13	89.08	J-12	J-13	1	PVC	0.10%
P-14	38.80	J-10	J-14	1	PVC	1.00%
P-15	62.72	J-14	J-15	1	PVC	0.10%
P-16	38.13	J-14	J-16	1	PVC	0.10%
P-17	70.99	J-16	J-17	1	PVC	0.10%
P-18	114.13	J-17	J-18	1	PVC	0.10%
P-21	84.67	J-19	J-21	1	PVC	0.10%
P-22	46.30	J-21	J-20	3/4	PVC	0.10%
P-24	69.64	J-14	J-19	1	PVC	0.10%
P-26	83.02	J-12	J-21	3/4	PVC	0.10%

Fuente: propia ver plano de esquema de red

### III.- PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos serán procesados en el software WaterCad empleando los siguientes modelos matemáticos

#### Hazen-Williams

$$Q = k \cdot C \cdot A \cdot R^{0.63} \cdot S^{0.54}$$

Donde:

k = Constante (0.85 en SI , 1.32 en US).

#### Darcy-Weisbach

$$h_L = f \cdot \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2g} \quad f = \frac{1.325}{\left[ \ln \left( \frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

### IV.- RESULTADOS DE PROCESAMIENTO

#### A) RESULTADO DE CARGA DE PRESIONES

En la tabla se presenta como resultado de la solución de la red las presiones que existen en los nudos de los puntos. Las presiones máximas están dadas por la calidad de tubería en este caso es de 50 mH2O y la presión de mínima no de ser menor a 5 mH2O.

Pmáx = 50

Pmín = 5

CUADRO 21

#### VERIFICACIÓN DE PRESIÓN EN RED

NUDO	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Energía (m)	Presión (m H2O)	Observación
J-1	485.93	0.0000	493.89	7.96	ok!!!
J-2	486.95	0.0000	493.74	6.79	ok!!!
J-3	478.08	0.0000	492.14	14.06	ok!!!
J-4	475.33	0.0000	491.54	16.21	ok!!!
J-5	474.87	0.0000	491.44	16.57	ok!!!
J-6	473.91	0.0000	491.02	17.11	ok!!!
J-7	476.70	0.0000	490.82	14.12	ok!!!
J-8	477.76	0.0000	490.75	12.99	ok!!!
J-9	479.00	0.0201	490.40	11.40	ok!!!
J-10	479.03	0.0201	490.23	11.20	ok!!!
J-11	478.92	0.0308	489.68	10.76	ok!!!

J-12	478.84	0.0402	489.23	10.39	ok!!
J-13	477.66	0.0773	489.11	11.45	ok!!!
J-14	476.41	0.0000	489.84	13.43	ok!!!
J-15	476.89	0.0402	489.80	12.91	ok!!!
J-16	475.37	0.0101	489.78	14.41	ok!!!
J-17	475.48	0.0201	489.70	14.22	ok!!!
J-18	474.68	0.0503	489.61	14.93	ok!!!
J-19	476.69	0.0000	489.76	13.07	ok!!!
J-20	474.67	0.0201	489.63	14.96	ok!!!
J-21	474.81	0.0503	489.66	14.85	ok!!!

2 Fuente: propia ver plano de esquema de red

## B) RESULTADO DE VELOCIDADES

La verificación de las velocidades se realizar en la Tuberías, las velocidad no superaran a 3 m/s para evitar el desgaste de la tubería de PVC.

CUADRO 22  
VERIFICACIÓN DE VELOCIDADES EN LA RED

Tubería	Longitud m	Díametro (in)	DARCY - WEISBACH	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Observación
P-1	199.44	1 1/2	D < 2"	0.3997	0.3500	ok!!
P-2	27.26	1 1/2	D < 2"	0.3997	0.3500	ok!!!
P-3	299.88	1 1/2	D < 2"	0.3997	0.3500	ok!!!
P-4	112.91	1 1/2	D < 2"	0.3997	0.3500	ok!!!
P-5	19.72	1 1/2	D < 2"	0.3997	0.3500	ok!!!
P-6	77.31	1 1/2	D < 2"	0.3997	0.3500	ok!!!
P-7	38.81	1 1/2	D < 2"	0.3997	0.3500	ok!!!
P-8	12.11	1 1/2	D < 2"	0.3997	0.3500	ok!!!
P-9	65.90	1 1/2	D < 2"	0.3997	0.3500	ok!!!
P-10	34.79	1 1/2	D < 2"	0.3796	0.3300	ok!!!
P-11	67.45	1	D < 2"	0.1684	0.3300	ok!!!
P-12	76.34	1	D < 2"	0.1376	0.2700	ok!!!
P-13	89.08	1	D < 2"	0.0773	0.1500	ok!!!
P-14	38.80	1	D < 2"	0.1911	0.3800	ok!!!
P-15	62.72	1	D < 2"	0.0402	0.0800	ok!!!
P-16	38.13	1	D < 2"	0.0805	0.1600	ok!!!
P-17	70.99	1	D < 2"	0.0704	0.1400	ok!!!
P-18	114.13	1	D < 2"	0.0503	0.1000	ok!!!
P-21	84.67	1	D < 2"	0.0704	0.1400	ok!!!
P-22	46.30	3/4	D < 2"	0.0201	0.0700	ok!!!
P-24	69.64	1	D < 2"	0.0704	0.1400	ok!!!
P-26	83.02	3/4	D < 2"	0.0201	0.0700	ok!!!

Fuente: propia ver plano de esquema de red

## 2 V.- CONCLUSIONES

- Las presiones en casi todos los puntos críticos son menores a 50 m de altura, por lo tanto, se empleara tubería de clase 10
- Se tiene 04 und de Valvulas de control, de diámetros de 1 1/2", 1" y 3/4", para el mantenimiento de los tramos a realizar.
- Se tiene 04 und de Valvulas de purga, de diámetros de 3/4" y 1", para la limpieza de sedimentos del sistema abierb.
- Las velocidades en las tuberías son menores a 3 m/s, cumpliendo el RNE y pudiéndose dar el uso de tuberías de PVC
- Los diámetros a emplear en el sistema son de 3/4", 1" y 1 1/2" para la Red Principal y Secundarias según se indican en el diseño.
- Los diámetros a emplear en el sistema de conexion domiciliaria son de 1/2", para las viviendas.

## VI.- RECOMENDACIONES

- Para las tuberías se recomienda que cumplan con la Norma Técnica Peruana: ITINTEC 399-002, en la que indica lo siguiente:  
La tubería es de Polidioruro de Vinilo (PVC).

**ANEXO N° 05**  
**PLANOS**

## INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	6%
2	<a href="http://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	4%
3	<a href="http://repositorio.uladech.edu.pe">repositorio.uladech.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
4	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
5	<a href="http://pirhua.udep.edu.pe">pirhua.udep.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://vdocuments.mx">vdocuments.mx</a> Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
8	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	1%
9	<a href="http://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	1%
10	<a href="http://dspace.esPOCH.edu.ec">dspace.esPOCH.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%

11	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1 %
12	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	www.przetargi.info Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Peruana Del Centro Trabajo del estudiante	<1 %
17	kupdf.net Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
21	pdfslide.tips Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	www.lenhs.ct.ufpb.br Fuente de Internet	<1 %

<1 %

---

25 Óscar Tomás Vegas Niño. "Nuevas herramientas para la gestión técnica de redes de distribución de agua basadas en el modelo matemático y la topología de la red.",  
Universitat Politecnica de Valencia, 2023  
Publicación

<1 %

---

26 Submitted to Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote  
Trabajo del estudiante

<1 %

---

27 [www.cepis.org.pe](http://www.cepis.org.pe)  
Fuente de Internet

<1 %

---

28 [tesis.ucsm.edu.pe](http://tesis.ucsm.edu.pe)  
Fuente de Internet

<1 %

---

29 Submitted to Universidad Catolica de Trujillo  
Trabajo del estudiante

<1 %

---

30 [vdoc.pub](http://vdoc.pub)  
Fuente de Internet

<1 %

---

31 [www.coursehero.com](http://www.coursehero.com)  
Fuente de Internet

<1 %

---

32 [repositorio.uss.edu.pe](http://repositorio.uss.edu.pe)  
Fuente de Internet

<1 %

---

33 [sistemas06.minedu.gob.pe](http://sistemas06.minedu.gob.pe)  
Fuente de Internet

<1 %

---

34 [repositorio.unibe.edu.ec](http://repositorio.unibe.edu.ec)  
Fuente de Internet

<1 %

---

35 [tornado.cresis.ku.edu](http://tornado.cresis.ku.edu)  
Fuente de Internet

<1 %

---

36	<a href="http://fdocuments.net">fdocuments.net</a> Fuente de Internet	<1 %
37	<a href="http://alicia.concytec.gob.pe">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
38	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1 %
39	<a href="http://lum.cultura.pe">lum.cultura.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
40	Submitted to Organismo de Evaluación y Fiscalización Trabajo del estudiante	<1 %
41	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	<1 %
42	Submitted to Universitat Politècnica de València Trabajo del estudiante	<1 %
43	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
44	<a href="http://repositorio.uct.edu.pe">repositorio.uct.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
45	<a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
46	<a href="http://repositorio.unjfsc.edu.pe">repositorio.unjfsc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
47	<a href="http://repositorio.upao.edu.pe">repositorio.upao.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
48	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

49

[www.segob.gob.mx](http://www.segob.gob.mx)

Fuente de Internet

<1 %

50

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

<1 %

51

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Trabajo del estudiante

<1 %

Excluir citas

Apagado

Exclude assignment  
template

Activo

Excluir bibliografía

Activo

Excluir coincidencias < 15 words