

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE LA TOTORA EN EL  
DISTRITO DE CHUGUR-HUALGAYOC-CAJAMARCA**

**TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil**

**Presentado por:**

**Bach. DEIMER DÍAZ CAYOTOPA**

**Asesor**

**MCs. Ing. JOSÉ HILARIO LONGA ÁLVAREZ**

**JAÉN - PERÚ**

**2023**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. **Investigador:** DEIMER DÍAZ CAYOTOPA  
**DNI:** 74314304  
**Escuela Profesional:** DE INGENIERÍA CIVIL
  
2. **Asesor:** MCS. ING. LONGA ÁLVAREZ JOSÉ HILARIO.  
**Facultad:** DE INGENIERÍA
  
3. **Grado académico o título profesional**  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
  
4. **Tipo de Investigación:**  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
  
5. **Título de Trabajo de Investigación:** EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE LA TOTORA EN EL DISTRITO DE CHUGUR-HUALGAYOC-CAJAMARCA
  
6. **Fecha de evaluación:** 05/12/2023
  
7. **Software antiplagio:**       TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
  
8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 18%
  
9. **Código Documento:** 3117:292554019
  
10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 28/06/2024



**FIRMA DEL ASESOR**  
**JOSÉ HILARIO LONGA ÁLVAREZ**  
**DNI: 26612572**



Firmado digitalmente por:  
FERNANDEZ LEON Yvonne  
Katherine FAU 20148258601 soft  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 28/06/2024 10:42:09-0500

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI**

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2023 by  
DEIMER DIAZ CAYOTOPA  
Todos los derechos reservados

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradezco a Dios por la vida y la salud que me está dando para lograr sustentar mi tesis.

A mis seres queridos y familiares, por su amor, comprensión y apoyo incondicional. Gracias por estar a mi lado durante este proceso y por brindarme un ambiente propicio para concentrarme en mis estudios.

A mi asesor el MCs. Ing. José Hilario Longa Álvarez, por el apoyo durante el desarrollo de mi trabajo de investigación.

A los miembros de mi jurado de tesis, por su tiempo, atención y valiosas sugerencias que ayuden a enriquecer este trabajo. Sus comentarios críticos y perspicaces fueron esenciales para su desarrollo y mejora.

A mis profesores y mentores, quienes compartieron su conocimiento y experiencia durante mi formación académica. Agradezco sinceramente su dedicación a la enseñanza y su influencia positiva en mi crecimiento intelectual.

A todas las personas que participaron en las entrevistas, encuestas o cualquier otra forma de colaboración, su contribución fue fundamental para la obtención de datos y resultados significativos. Agradezco su tiempo y disposición para participar en este estudio.

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar esta tesis a las siguientes personas:

A mis queridos padres: José Américo y Grimanesa; a mi tía: Adelaida, por su amor incondicional, paciencia y apoyo constante a lo largo de mi camino académico. Su aliento y comprensión han sido fundamentales para superar los desafíos y alcanzar mis metas. Gracias por creer en mí y por ser mi mayor inspiración.

A mis hermanas, amigos y familiares, quienes me han brindado su apoyo emocional y han estado a mi lado en cada etapa de este proceso. Gracias por sus palabras de aliento y presencia significan mucho para mí. Gracias por estar ahí y por compartir estas increíbles aventuras conmigo.

Por último, quiero dedicar este trabajo a mí mismo, por mi perseverancia, determinación y dedicación a lo largo de esta ardua tarea. Este logro es un testimonio de mi capacidad de superación y una prueba de que puedo alcanzar mis metas cuando me lo propongo.

# ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	2
1.1.1. Selección del Problema.....	2
1.1.2. Formulación Interrogativa del Problema.....	3
1.1.3. Justificación de la Investigación.....	3
1.1.4. Delimitación de la investigación .....	3
1.1.5. Limitaciones.....	3
1.2. Objetivos de la Investigación .....	4
1.2.1. Objetivo General.....	4
1.2.2. Objetivo Específico .....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1. Antecedentes Teóricos .....	5
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	5
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	7
2.1.3. Antecedentes Locales .....	8
2.2. Bases Teóricas.....	9
2.2.1. Sistema de Agua Potable .....	9
2.2.2. Población de Diseño y Demanda de Agua. ....	26
2.2.3. Topografía.....	30

2.2.4.	<i>Elaboración de la Simulación Hidráulica con Watercad</i> .....	31
2.3.	Definición de términos básicos .....	34
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....		36
3.1.	Descripción de la Zona de Estudio .....	36
3.1.1.	<i>Ubicación Geográfica Del Área De Estudio</i> .....	36
3.1.2.	<i>Población</i> .....	37
3.2.	Antecedentes Históricos de Sistema de Agua Potable en Estudio.....	37
3.3.	Materiales, equipos y Softwares utilizados.....	38
3.4.	Hipótesis.....	38
3.4.1.	<i>Hipótesis general</i> .....	38
3.5.	Variables .....	39
3.5.1.	<i>Variable dependiente</i> .....	39
3.5.2.	<i>Variables independientes</i> .....	39
3.5.3.	<i>Operacionalización de variables.</i> .....	39
3.6.	Metodología .....	41
3.6.1.	<i>Tipo de Estudio</i> .....	41
3.6.2.	<i>Diseño de Investigación</i> .....	41
3.7.	Población y Muestra.....	41
3.7.1.	<i>Población</i> .....	41
3.7.2.	<i>Muestra</i> .....	41
3.8.	Unidad de Evaluación .....	41
3.9.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	41
3.10.	Método de trabajo .....	42
3.10.1.	<i>Reconocimiento y descripción del estado actual del sistema de agua potable La Titora</i> .....	42
3.10.2.	<i>Levantamiento topográfico.</i> .....	43
3.10.3.	<i>Evaluación de la funcionalidad hidráulica del sistema de agua potable La titora</i> .....	45

3.10.4. <i>Evaluación de la operación y mantenimiento del sistema de agua potable La Totorá</i> .....	46
3.10.5. <i>situación de la junta directiva y la gestión administrativa</i> .....	46
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	47
4.1. Estado actual del sistema de agua potable La Totorá. ....	47
4.2. Topografía.....	54
4.3. Evaluación del funcionamiento hidráulico del sistema de agua potable La totora ....	54
4.3.1. <i>Captación</i> .....	54
4.3.2. <i>Línea de Conducción</i> .....	57
4.3.3. <i>Reservorio</i> .....	58
4.3.4. <i>Línea de Aducción</i> .....	64
4.3.5. <i>Red de distribución</i> .....	64
4.4. Evaluación de la operación y mantenimiento del sistema de agua potable La Totorá... ..	68
4.5. situación de la junta directiva y la gestión administrativa. ....	69
4.6. Contrastación de la hipótesis.....	69
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	71
5.1. Conclusiones .....	71
5.2. Recomendaciones.....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73
ANEXOS.....	77
Anexo 01: Matriz de consistencia .....	78
Anexo 02: Volumen consumido de la primera semana en L/h.....	79
Anexo 03. Volumen consumido de la segunda semana en L/h. ....	79
Anexo 04. Volumen consumido de la tercera semana en L/h. ....	80
Anexo 05. Volumen consumido de la cuarta semana en L/h. ....	80
Anexo 06. Resumen del consumo general en (L) por hora de la primera y segunda semana... ..	81

Anexo 07. Resumen del consumo general en (L) por hora de la tercera y cuarta semana ..	82
Anexo 08: Encuesta aplicada a los usuarios.....	83
Anexo 09: Censo poblacional del 2017 de Perlamayo Tres Aguas. ....	84
Anexo 10: Padrón de beneficiarios 2022-2023 .....	85
Anexo 11: Panel Fotográfico.....	86
Anexo 12: Planos .....	90

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficiente de Hazen-Williams en tuberías .....	18
Tabla 2. Periodo de diseño de infraestructura sanitaria.....	26
Tabla 3. Dotación de agua según opción tecnológica y región.....	28
Tabla 4. Ubicación de la zona de estudio.....	37
Tabla 5. Operacionalización de variables .....	40
Tabla 6. Ubicación de válvulas de aire, purga y cámaras de rompe presión. ....	52
Tabla 7. Tiempos y Volumen de Aforo de Caudal de Captación .....	54
Tabla 8. Registro y cálculo de volumen en L/h.....	59
Tabla 9. Día del máximo consumo de la primera, segunda, tercera y cuarta semana.....	59
Tabla 10. Registro de mediciones de consumo diario (Litros), en un mes. ....	60
Tabla 11. Consumo promedio diario Anual. ....	61
Tabla 12. Cálculo del consumo máximo diario en litros, durante un mes .....	62
Tabla 13. Cálculo del consumo máximo horario en litros, durante un mes. ....	63
Tabla 14. Resultados de Consumos reales obtenidos.....	63
Tabla 15. Registro de Presiones dinámicas en red de distribución (viviendas) en horario de máximo consumo. ....	65
Tabla 16. Reporte de presiones en nodos de red de distribución. ....	66
Tabla 17. Reporte de velocidades en tuberías en red de distribución. ....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de un sistema de abastecimiento.....	10
Figura 2. Aforo del agua por método volumétrico .....	11
Figura 3. cámara de captación .....	12
Figura 4. Carga disponible y perdida de carga en orificio de entrada. ....	13
Figura 5. Altura total de la cámara húmeda.....	15
Figura 6. Canastilla de salida.....	16
Figura 7. Línea de conducción por gravedad.....	17
Figura 8. Línea de conducción con válvula de aire y purga .....	19
Figura 9. Línea de aducción.....	21
Figura 10. Red de distribución abierta.....	23
Figura 11. Red de distribución cerrada.....	23
Figura 12. Cámara rompe presión .....	25
Figura 13. Variaciones diarias de consumo. ....	29
Figura 14. Variaciones horarias de consumo.....	29
Figura 15. Diagrama de flujo de operatividad de waterCAD .....	33
Figura 16. Ubicación geográfica región Cajamarca, provincia de Hualgayoc y distrito de Chugur.....	36
Figura 17. Ubicación de la Zona De Estudio.....	37
Figura 18. Esquema del sistema de agua potable la Totora.....	47
Figura 19. Orificios en el ancho de la pantalla de captación. ....	48
Figura 20. Línea de conducción conformado por 2 tuberías de 1”.....	49
Figura 21. Reservorio circular de Eternit del sistema de agua potable.....	50
Figura 22. Válvula de aire en la línea de aducción progresiva 00+500.....	51
Figura 23. Válvula de purga N° 01 con fuga de agua.....	52
Figura 24. Válvula de Aire N° 02 con fuga de agua.....	53
Figura 25. Válvula de Aire N° 03 en buen estado. ....	53
Figura 26. Cámara rompe presión tipo 7 en la progresiva 00+294.00 m .....	53
Figura 27. Consumo máximo horario durante el mes.....	60

## RESUMEN

El acceso al agua potable según la organización mundial de la salud (OMS) es la problemática más frecuente en el mundo; el Perú es uno de los países que no logra resolverlo, pues el 10% de la población aproximadamente no cuenta con el servicio de agua potable, siendo las zonas alto andinas las más marginadas debido al distanciamiento de las urbes, además los sistemas de agua construidos no son eficientes para satisfacer con la cobertura del servicio de agua a la población. Esta investigación se desarrolló en la comunidad Tres Lagunas del distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc en el departamento de Cajamarca, con el objetivo de evaluar el estado actual de funcionalidad del sistema de agua potable La Tatora. La evaluación del sistema de agua potable involucra varios aspectos, tales como la evaluación de la infraestructura hidráulica, cobertura óptima del servicio y satisfacción del usuario. Este estudio realiza una evaluación del estado actual de la infraestructura hidráulica a través de un diagnóstico del estado de conservación y mantenimiento que este ostenta; también se realizó la evaluación hidráulica al sistema mediante el modelamiento hidráulico usando el software de watercad para determinar su condición de funcionalidad hidráulica del sistema además se evaluó la operación y el mantenimiento que recibe el sistema de agua y la situación de la junta directiva, para determinar la calidad y eficiencia del suministro de agua. Los resultados indicaron que existen algunas deficiencias en la infraestructura de la captación y red de distribución; no obstante, la línea de conducción, el reservorio y la línea de aducción se encuentran buen estado debido a que tienen pocos años en funcionamiento. Así mismo, en la evaluación hidráulica se encontró que la captación es abastecida por un caudal de 0.461 l/s, la cámara húmeda y la distancia al punto de aforación tienen las dimensiones mayores a lo recomendado, el resto de sus componentes se encuentran adecuadamente dimensionados; la línea de conducción está conformada por dos tuberías de diámetro de 1", adecuado según diseño; la velocidad está entre el rango de velocidades permisibles para tuberías de PVC; El reservorio tiene una capacidad de almacenamiento mucho mayor al calculado según consumo actual, y la red de distribución en algunos tramos presenta velocidades y presiones mayores y menores a lo establecido en el reglamento. Llegando a la conclusión que hidráulicamente el sistema es deficiente en su funcionalidad, pero que la infraestructura se encuentra en un estado óptimo, aunque la operación y el mantenimiento no son los adecuados debido a la mala gestión administrativa

**Palabras Claves:** Sistema de agua potable, captación, línea de conducción, reservorio, línea de aducción y red de distribución.

## ABSTRACT

According to the World Health Organization (WHO), access to drinking water is the most frequent problem in the world; Peru is one of the countries that does not manage to solve it, since approximately 10% of the population does not have drinking water service, being the high alpine zones the most marginalized due to the distance from the cities, in addition the water systems built are not efficient to satisfy with the coverage of the water service to the population. This research was carried out in the community of Tres Lagunas in the district of Chugur, province of Hualgayoc in the department of Cajamarca, with the objective of evaluating the current state of functionality of the La Tatora drinking water system. The evaluation of the drinking water system involves several aspects, such as the evaluation of the hydraulic infrastructure, optimal service coverage and user satisfaction. This study performs an evaluation of the current state of the hydraulic infrastructure through a diagnosis of the state of conservation and maintenance of the system; the hydraulic evaluation of the system was also carried out through hydraulic modeling using watercad software to determine the hydraulic functionality of the system, as well as the operation and maintenance of the water system and the situation of the board of directors, to determine the quality and efficiency of the water supply. The results indicated that there are some deficiencies in the infrastructure of the catchment and distribution network; however, the pipeline, reservoir and adduction line are in good condition due to the fact that they have been in operation for only a few years. Likewise, in the hydraulic evaluation it was found that the catchment is supplied by a flow of 0.461 l/s, the wet chamber and the distance to the gauging point are larger than recommended, the rest of its components are adequately dimensioned; the conduction line is made up of two 1" diameter pipes, adequate according to design; the speed is within the range of permissible speeds for PVC pipes; the reservoir has a storage capacity much greater than that calculated according to current consumption, and the distribution network in some sections has higher and lower speeds and pressures than those established in the regulations. The conclusion is that hydraulically the system is deficient in its functionality, but that the infrastructure is in an optimal state, although the operation and maintenance are not adequate due to poor administrative management.

**Keywords:** Drinking water system, catchment, pipeline, reservoir, adduction line and distribution network.

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

En el contexto actual de crecimiento poblacional y desarrollo en el país, la evaluación de los sistemas de agua potable en Perú emerge como un tema crítico de investigación. El acceso a agua potable de calidad es esencial para garantizar la salud y el bienestar de la población, así como para respaldar el progreso socio-económico sostenible. A pesar de los esfuerzos realizados en los últimos años para mejorar la infraestructura de agua potable en el país, persisten desafíos significativos en términos de disponibilidad, calidad y distribución equitativa del recurso hídrico.

Esta investigación tiene la finalidad de llevar a cabo la evaluación del sistema de agua potable La Totorá en el distrito de Chugur – Hualgayoc – Cajamarca, abordando aspectos claves como la eficiencia del suministro de agua, el estado y funcionamiento de la infraestructura hidráulica que está conformada por la captación, línea de conducción, reservorio, línea de aducción, y red de distribución, además de la evaluación de la operación y el mantenimiento que se le da al sistema de agua; de este modo identificar las deficiencias que presenta el sistema de agua y proponer recomendaciones concretas para optimizar la gestión y el desempeño del mismo. Se espera que los resultados obtenidos contribuyan al fortalecimiento de políticas públicas y estrategias de desarrollo que promuevan un acceso equitativo y confiable al agua potable en el distrito de Chugur – Hualgayoc – Cajamarca, en línea con los objetivos nacionales e internacionales de desarrollo sostenible.

La tesis está estructurada en 5 capítulos, distribuidos como se describe a continuación:

Capítulo I: en este capítulo se describe la problemática de la investigación, se plantea la interrogante del problema, se menciona la justificación, las limitaciones de la investigación, además se plante los objetivos, la hipótesis y las variables de investigación.

En el Capítulo II: marco teórico en el que se plasma los antecedentes teóricos de la investigación sobre el tema no mayor a 10 años de antigüedad, bases teóricas que sirven de base o fundamento para la investigación y definición de términos básicos.

Capítulo III. Aquí se plasma la ubicación de la investigación, se describe los materiales y equipos utilizados para el desarrollo de la investigación, además se describe la metodología seguida para la investigación y el método de trabajo realizado.

Capítulo IV. análisis y discusión de resultados en donde se describe y se discute los resultados siguiendo la secuencia de los objetivos planteados.

Capítulo V: conclusiones y recomendaciones se derivan de los resultados obtenidos de la investigación realizada; al final se presentan las bibliografías consultadas, los anexos como planos, tablas utilizadas en el cálculo del modelamiento hidráulico.

## **1.1. Planteamiento del Problema**

### **1.1.1. Selección del Problema**

La problemática mundial más frecuente es el acceso de agua potable y de salubridad, como lo señala la Organización Mundial para la Salud el cual menciona que los lugares más apartados de la capital tienden a ser los principales desfavorecidos debido a que tienen un déficit de acceso del agua dulce o no se administra un mantenimiento, siendo perjudicial para las personas. La accesibilidad de agua potable conduce a una mejora de la calidad, la salud y el bienestar general de la población. Según Vargas (2020) comenta que “los diseños de las redes tradicionales no se encuentran en un buen estado óptimo debido a que no cumple con las conducciones de distribución o por la falta de inspección presentando diversos problemas de funcionamiento al momento de la distribución de agua potable y teniendo dificultad con la reparación al no contar con detalles de la obra”.

El Perú ha sido uno de los países que no ha mejorado su método de distribución de agua potable y desinfección, dando como consecuencia la deficiencia de la infraestructura, de tal manera está generando grandes pérdidas económicas tanto para la ejecución de proyectos como en el sistema económico del país. Se tiene una población actual de 33.36 millones, pero un grupo de más de 8 millones de personas no presenta una utilidad básica de acceso a agua potable y otros 5 millones que no cuenta con saneamiento urbano, generando un problema para las respectivas familias que no cuentan con este servicio (OXAM, 2016).

En las zonas agrarias alto andinas en relación al aprovisionamiento, muestran servicios muy básicos y deficientes, dichos problemas se han tenido que dar ciertas medidas de soluciones que beneficien de alguna manera a las localidades, con ello el abastecimiento que se tiene no realiza el análisis y se decide simplemente quitar las cámaras de alivio de presión y proceder con el montaje natural para eludir la pulcritud o el mantenimiento constante resultando en una tendencia de las cañerías a aflojar sus acoplamientos, permitiendo el ingreso a todo tipo de contaminantes.

En el distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca se cuenta con el sistema de agua potable La Totora, el cual presenta deficiencias ya que el agua potable no llega a algunos de sus ramales causando incomodidad en la población beneficiaria, es por ello que se planteó realizar una evaluación de dicho sistema de agua potable de esta manera contribuir con información que permita a los organismos encargados de proveer este servicio realizar el respectivo mejoramiento del sistema.

### **1.1.2. *Formulación Interrogativa del Problema***

¿Cuál es el estado actual de funcionalidad del sistema agua potable La Totora, en el distrito de Chugur - Hualgayoc – Cajamarca?

### **1.1.3. *Justificación de la Investigación***

La presente investigación es de mucha importancia ya que permitió conocer el estado actual del sistema de agua potable La Totora, en el distrito de Chugur - Hualgayoc – Cajamarca, de esta manera se identificó las deficiencias que presenta, dado que el agua no llega a algunos de los ramales; de esta manera se contribuye con información que permitirá a los organismos encargados de suministrar este servicio de mejorar dicho sistema para que el agua potable llegue a todos los beneficiarios y así mejorar su calidad de vida.

### **1.1.4. *Delimitación de la investigación***

La investigación fue desarrollada en el caserío de Tres lagunas, en el distrito de Chugur, de la provincia de Hualgayoc, con el fin de realizar una evaluación técnica desde el punto hidráulico al sistema de agua potable La Totora. Este sistema de agua potable es por gravedad y beneficia a 22 familias del caserío Tres Lagunas. La recopilación de la información se realizó durante los meses de abril, mayo y junio del 2023, en ese tiempo se realizó las mediciones de los caudales, la toma de presiones dinámicas en las viviendas y un aforo de la fuente (captación) y se realizó el reconocimiento y la evaluación total del sistema de agua potable.

### **1.1.5. *Limitaciones***

- Inconformidad de los usuarios para extraer muestras de la infraestructura hidráulica, por lo que solo se realizó un análisis visual.
- El sistema de agua potable La Totora, en el distrito de Chugur - Hualgayoc – Cajamarca, no tiene expediente técnico.

- La investigación está limitada a proporcionar una evaluación técnica desde el punto de vista hidráulico del sistema de agua potable.

## **1.2. Objetivos de la Investigación**

### **1.2.1. *Objetivo General***

Evaluar el sistema de agua potable de La Totora en el distrito de Chugur – Hualgayoc – Cajamarca.

### **1.2.2. *Objetivo Específico***

- Evaluar el estado de la infraestructura hidráulica
- Evaluar la operación y mantenimiento del sistema de agua potable y el estado de la gestión administrativa.
- Realizar el levantamiento topográfico del sistema de agua potable.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes Teóricos

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Ruales y Santoro (2023) en su tesis realizada en Quito, Ecuador evaluaron el sistema de agua potable de la comunidad “El Capulí”, para lo cual se recolectó toda la información necesaria sobre los componentes del sistema de agua potable como captación, línea de conducción, planta de tratamiento y red de distribución. Los resultados dejaron en evidencia deficiencias en la línea de conducción, la planta de tratamiento y red de distribución de sistema, con un inadecuado funcionamiento hidráulico, estructuras ineficientes y presiones muy bajas en algunos puntos de la red. En conclusión, parte de la población se encuentra disconforme por el estado en el que se encuentra el sistema de agua potable por lo que se planteó alternativas que consistieron en el mejoramiento de las estructuras de la planta de tratamiento, la creación de un nuevo tramo en la línea de conducción y la colocación de accesorios en puntos adecuados; en la red de distribución se crearon nuevos ramales para calcular dos alternativas que consisten en una malla abierta y una malla cerrada.

Asqui y Recalde (2022) en su trabajo de investigación presentado a la Universidad Central de Ecuador evaluaron la línea de conducción, tratamiento, reserva y red de distribución del sistema de agua potable de la comunidad Chaupiloma, fue una indagación no experimental en la cual se realizó levantamiento topográfico, encuestas, estimación de dotación y caudales, inspecciones en campo entre otras actividades. Los resultados evidenciaron que las captaciones del sistema, tanque recolector, válvulas de aire, válvulas de desagüe y pasos de quebrada se encuentran en buenas condiciones, por otra parte, los tanques de romper presión no se encuentran aptos para ser utilizados en el sistema ya que necesitan accesorios complementarios para mejorar el comportamiento del flujo, evitando la incorporación de aire en las tuberías y provocando reboses. Además, el sistema de agua se encontraba funcionando con un caudal de 1.77 l/s en temporada de sequía y 3.92 l/s en temporada de invierno. De acuerdo con los cálculos realizados se obtuvo un caudal de diseño 6.75 l/s, siendo este insuficiente para abastecer correctamente a la comunidad. Los autores plantearon como alternativas de mejoramiento adicionar accesorios complementarios a los tanques rompe presiones y colocación de válvulas de control, aire y desagüe, así mismo, para la red de distribución plantearon disminuir los tanques rompe presión y cambio de diámetros en algunas zonas de los ramales o realizar un nuevo trazado basado en el plan vial de la comunidad.

Bonito y Cevallos (2022) en su trabajo de investigación realizado en Quito, Ecuador evaluó el sistema de agua potable ubicado en la parroquia San Gregorio recinto Tres Vías cantón Muisne, Provincia de Esmeraldas, mitológicamente fue un estudio no experimental en el cual se levantó la información necesaria del sistema de agua potable y se verificó de la calidad y cantidad de agua obtenida del cuerpo hídrico de abastecimiento. Los resultados indicaron que el agua proveniente de la fuente de abastecimiento es apta para ser utilizada por el sistema, sin embargo, requiere de un tratamiento para mejorar su calidad antes de ser transportada a los consumidores, por otra parte, se determinó que el caudal que proporciona la estación de bombeo es 2,5 l/s siendo insuficiente para satisfacer la demanda de agua ya se requiere 3,54 l/s. En base a los resultados obtenidos el autor propuso aumentar las válvulas de aire y desagüe para evitar daños o rupturas, así como también implementar un sistema de filtración y mejorar el sistema de desinfección del agua potable.

Romero (2021) en su artículo científico desarrollado en Bolivia evaluó y optimizó el sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad Caiza D, ubicada en Potosí, para ello calibro y llevo las redes en funcionamiento a un software libre que provee información para la toma de decisiones ingenieriles, como resultados se determinó que la bomba debe tener 1,9 Hp de potencia, cuatro (4) pulgadas de diámetro y capacidad de 6,4 l/s, así mismo, el tanque consideró un consumo promedio anual de  $1,5E+05$  y un volumen del reservorio de 25% de  $Q_m$ ,  $V=37m^3$ , se concluyó que el rediseño del sistema implicó renovar bomba de agua y tanque de almacenamiento y se consideró factible usar la red de agua existente, previo mantenimiento y renovaciones de componentes oxidados.

Santanilla (2019) en su tesis presentada a la Universidad de Guayaquil evaluó el sistema de distribución de agua potable del Cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan), provincia del Guayas, como parte de la metodología se realizó la verificación del sistema en distintos puntos de la zona, constatando que en algunas partes el agua es muy mínima y en otras no llega. Los resultados evidenciaron el abandono y descuido de las fuentes abastecimiento, así mismo el sistema de bombeo presentaba falencias y falta de mantenimiento, se constató con las mediciones de presión, que las fugas y posibles taponamientos por infiltración son bastantes, a su vez la presión con la que llega el agua a la lleve fue 5 psi o 3.52 m.c.a estando muy por debajo de la norma. Se concluyó que debe de diseñarse un nuevo sistema de abastecimiento dotando así de agua a todos los habitantes del sector con la presión mínima necesaria.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Valdez (2022) en su tesis realizada en Huancayo evaluó el sistema de agua potable del centro poblado de Acuzazú, provincia de Oxapampa, el tipo de investigación fue no aplicada de nivel descriptivo con diseño no experimental, como principal resultado se tuvo que el sistema de agua potable del centro poblado de Acuzazú, provincia de Oxapampa es deficiente debido a que la captación, línea de conducción y red de distribución no cumplen con las especificaciones de evaluación por lo que no se satisface las necesidades de la población, de esta manera se concluyó que dicho sistema necesita un mejoramiento para lograr el bienestar de la población.

Guevara (2022) en su tesis de investigación realizó el diseño optimizado de redes de distribución de agua potable en el Centro Poblado de Colca, Región Junín, para ello se tomó en cuenta la norma OS.050 del Reglamento Nacional de Edificaciones, se calculó los parámetros geométricos del servicio de la red de distribución de agua potable actual (RDA) con el uso de WaterCAD y se logró diseñar una nueva red de distribución optimizada propuesta (RDOP) con el uso de Darwin Designer. Los resultados indicaron que la RDA tuvo un caudal de diseño (Qmh) de 3.571 l/s, abastecido por un reservorio; logrando presiones que varía entre 33.13 y 4.14 m.c.a., siendo en los nudos 6, 7 y 9 presentan presiones inferiores del mínimo establecido por la norma, lo cual, genera, el desabastecimiento de agua en las piletas domiciliarias; la velocidad máxima presenta en la línea de aducción es de 1.40 m/s; diámetro interior de las tuberías instaladas en la red son de 57.00, 43.40 y 29.40 mm; y tiene un total de red de tuberías de 4,249.58 ml, por su parte, el diseño de la RDOP tuvo un caudal de diseño (Qmh) de 3.571 l/s, que es abastecido por un reservorio; presión mínima 10.68 m.c.a. en nudo 6 y presión máxima 37.42 m.c.a. en nudo 13, la velocidad máxima que presenta en la red de distribución es 1.54 m/s y la menor es de 3 m/s; el diámetro interno optimizado de las tuberías de la RDOP son de 81.40, 67.80, 57.00, 43.40 y 29.40 mm; tiene un total de red de tuberías de 4,249.58 ml. Como principal conclusión se tiene que los parámetros de la red de distribución actual cumplen con la norma OS.050 de RNE (2006) y directivas vigentes, excepto las presiones en los nudos 6, 7 y 9; así mismo, todos los parámetros del nuevo diseño de la red de distribución cumplen con la norma OS. 050 del RNE.

Lázaro (2019) en su tesis de investigación desarrollada en Satipo evaluó el estado y funcionamiento del centro poblado de Marankiari, metodológicamente la investigación fue del tipo aplicada con diseño no experimental. Los resultados evidenciaron que la infraestructura del sistema se encuentra en mal estado debido a su antigüedad (21 años), la línea de conducción

tiene una longitud de 268m, la tubería es de PVC SAP de Ø 2", la línea de aducción tiene una longitud de 1268m, la tubería es de PVC SAP de Ø 2" clase 7.5, existe un cruce aéreo de 25m con tuberías de acero, no cuenta con válvulas de aire ni purga, mucho menos con cámaras rompe presión y la red de distribución pertenece al sistema en malla o red cerrada, está formada por tubos principales de PVC SAP de Ø 1" y secundarias de PVC SAP de Ø ½", presentan fugas en los accesorios y válvulas ocasionando pérdida de agua para la población, el caudal de la fuente de captación es 0.171 l/s siendo menor a la demanda de la población la cual es 0.266 l/s.

Vidal (2019) evaluó el sistema de red de distribución de agua potable en la localidad de Piscobamba, Ancash, como parte de la metodología se utilizó el software WaterCAD con el que se analizó las presiones, las velocidades y las pérdidas de carga sometidos a diferentes datos de cálculo. Los resultados indicaron que el caudal fue 10.23 l/seg siendo insuficiente para cubrir la demanda poblacional, las presiones las tuberías alcanzó el valor más bajo de 14 m.c.a y el valor máximo de 62 m.c.a, se llegó a la principal conclusión que, debido a los cambios de pendiente bruscos en distintas partes de la localidad, las velocidades y las presiones no actúan de forma ideal como en otros.

### ***2.1.3. Antecedentes Locales***

Bardales (2022) abordó la problemática del sistema de agua potable en la localidad de Jesús, Cajamarca. Su investigación se centró en identificar deficiencias en el suministro de agua potable, tales como problemas de presión en la red, válvulas deterioradas y estructuras que han alcanzado el final de su vida útil. Los resultados revelaron que la captación ha estado en funcionamiento durante 18 años y se encuentra en buen estado; la línea de conducción está en buenas condiciones, habiendo sido mejorada en 2013. Se determinó que los reservorios tienen distintos tiempos de vida, siendo necesario reconstruir uno de ellos. Los caudales para los diferentes sectores fueron detallados, junto con coeficientes de variación de consumo. En cuanto a la red de distribución, se estimó un tiempo de vida aproximado de 40 años, y se observaron presiones dinámicas que varían entre 5.61 m.c.a y 22.44 m.c.a. Sin embargo, se señaló que una parte significativa de la red no cumple con las recomendaciones del RNE en términos de presión estática. Utilizando el software WaterCAD, se llevó a cabo un modelamiento estático de la red, evidenciando nodos que cumplen y no cumplen con las especificaciones de presión estática máxima recomendada por el RNE en ambos sectores

Rodríguez (2022) evaluó y realizó una propuesta de mejoramiento del sistema de agua potable de la localidad de Huahuya Alizana, San Ignacio, para lo cual se recolectó toda la

información necesaria del sistema de agua. Los resultados indicaron una falta de mantenimiento y deficiencias en la estructura del sistema de agua potable; los componentes: Captación, desarenador, línea de conducción, reservorio, sistema de cloración, cajas de válvulas, redes de distribución, válvulas de purga y de aire, en su mayoría presentan problemas que se pueden subsanar, sin embargo, la captación no asegura la calidad del agua y la línea de conducción presenta graves daños estructurales por lo que deben ser reemplazadas, en cuanto a la propuesta de mejora del sistema de agua potable se consideró dos captaciones de manantiales de tipo ladera; tendido de tubería de HDPE de diámetros de 1" y 1 1/2" con longitudes de 469.82 y 199.52 m respectivamente; tuberías de PVC con un diámetro de 1" y una longitud de 388.77; una cámara rompe presión tipo 6, un reservorio de 10 m<sup>3</sup>, una cámara de distribución de caudales y una cámara de reunión de caudales.

Gonzales (2019) en su tesis realizada en la ciudad de Jaén evaluó la línea de conducción de la red de agua potable de dicha ciudad, para ello se recolectó toda la información necesaria en campo, además se aplicó una entrevista a la población usuaria. Como resultados se obtuvo que la estructura de la línea de conducción se encuentra en buen estado, sin embargo el caudal captado es 363 l/s siendo diferente al que menciona la EPS Marañón S.R.L., el cual es de 470 l/s, por otra parte, en las encuestas se observó que la población se vio afectada por el corte del servicio de agua en sus domicilios durante el 2018.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Sistema de Agua Potable**

Un sistema de agua potable es una serie de obras para captar, conducir, almacenar, tratar y distribuir el agua desde las fuentes, que pueden ser vertientes, quebradas, ojos de agua, etc., hasta una población específica que será favorecida con este servicio, de hecho el sistema de agua potable será eficiente siempre y cuando además de un correcto diseño, se cuente con un personal capacitado para operar y mantener este sistema incluyendo todos los instrumentos y equipos que conforman el mismo (Cárdenas y Patiño, 2010, como se citó en Bernal, 2018).

Un sistema de abastecimiento de agua potable se compone de la siguiente manera:

- Captación
- Conducción
- Desinfección
- Almacenamiento

- Aducción
- Línea de Distribución
- Red de distribución
- Acometidas domiciliarias

Un sistema de abastecimiento de agua, en general está compuesto por las siguientes etapas:

**Figura 1**

*Etapas de un sistema de abastecimiento*



**2.2.1.1. Captación de Ladera**

Su función es recolectar las aguas de distintas fuentes y almacenarlo para un eficiente aprovechamiento del caudal que exista. El diseño de estas obras tiene que garantizar como mínimo la captación del caudal máximo diario necesario y proteger a la fuente de contaminación. (Reglamento Nacional de Edificaciones OS.010, 2019). Para el cálculo del caudal. Hay diversas técnicas para calcular la cantidad de agua, y en proyectos de suministro de agua potable en áreas rurales, los enfoques comúnmente empleados son los métodos volumétricos y los basados en velocidad y área. Estos métodos ofrecen formas efectivas de evaluar el caudal de agua en sistemas de abastecimiento, brindando información esencial para la planificación y gestión de recursos hídricos en entornos rurales. El primero es utilizado para calcular caudales hasta un máximo de 10 l/s y el segundo para caudales mayores a 10 l/s. (Agüero, 1997, como se citó en Santi, 2016).

**A. Aforo de Caudal**

**Método Volumétrico.** En este método lo primero que se hace; es encausar el agua y generarlo una corriente para generar un chorro en parte (cámara de captación) para poder almacenar el agua. Este procedimiento implica medir el tiempo necesario para llenar un depósito de un volumen conocido y luego dividir dicho volumen entre el tiempo en segundos. Con la finalidad de definir el tiempo promedio, se recomienda realizar como mínimo 5 mediciones (Agüero, 1997).

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = V/t \quad \dots E. 01$$

**Donde:**

Q = Caudal en l/s

V = Volumen del recipiente en litros

T = tiempo promedio en ~~seg.~~

## Figura 2

*Aforo del agua por método volumétrico*

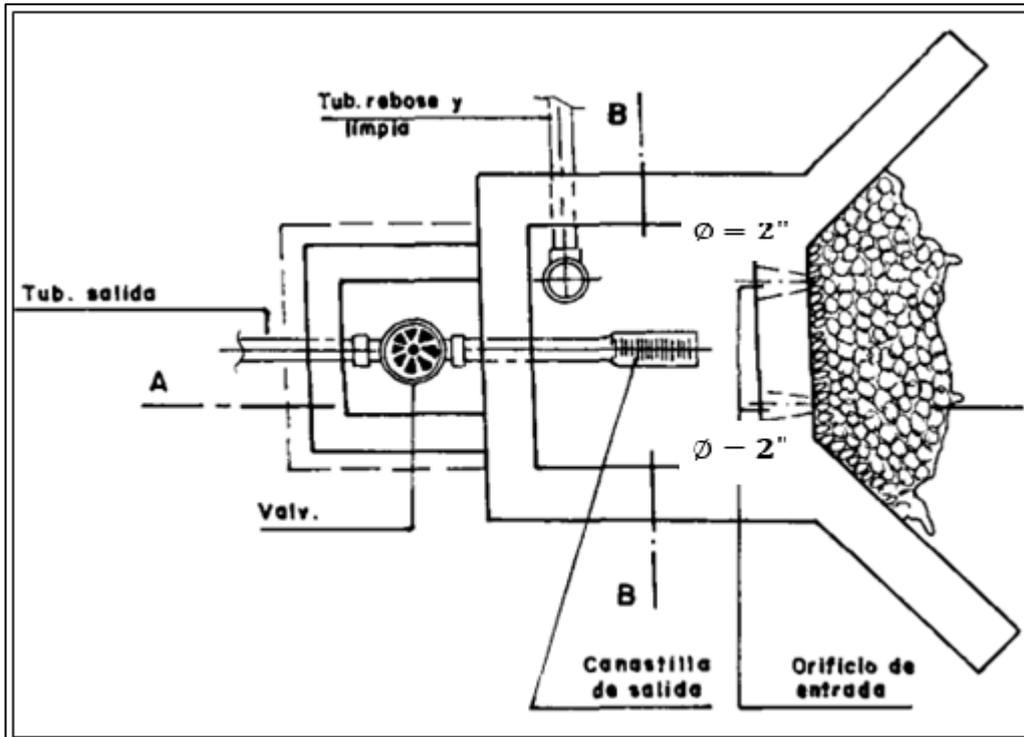


## B. Diseño Hidráulico y Dimensionamiento

Es necesario el caudal máximo de la fuente para poder hacer el dimensionamiento de la captación.

**Figura 3**

*cámara de captación*



*Fuente. (Agüero, 1997).*

❖ **Distancia entre el afloramiento y la cámara húmeda (L)**

Aplicando la ecuación de Bernoulli en los puntos de entrada y salida del agua nos permitirá encontrar la pérdida de carga sobre el orificio de salida y la velocidad de pase.

$$h_o = \frac{(V_1)^2}{2g} \quad \text{.....E. 02}$$

Donde:

$h_o$  = Altura entre el afloramiento y el orificio de entrada (se recomienda valores de 0.4 a 0.5 m).

$V_1$  = Velocidad teórica en m/s

$g$  = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

En la figura 04, Aplicando en los puntos 1 y 2 la ecuación de continuidad, tendremos:

$$V_1 = \frac{(V_2)^2}{cd} \quad \text{....E. 03}$$

Donde:

$V_2$  = Velocidad de pase (se recomienda valores menores o iguales a 0.6 m/s)

$Cd$  = coeficiente de descarga en el punto 1 (valor recomendado 0.8)

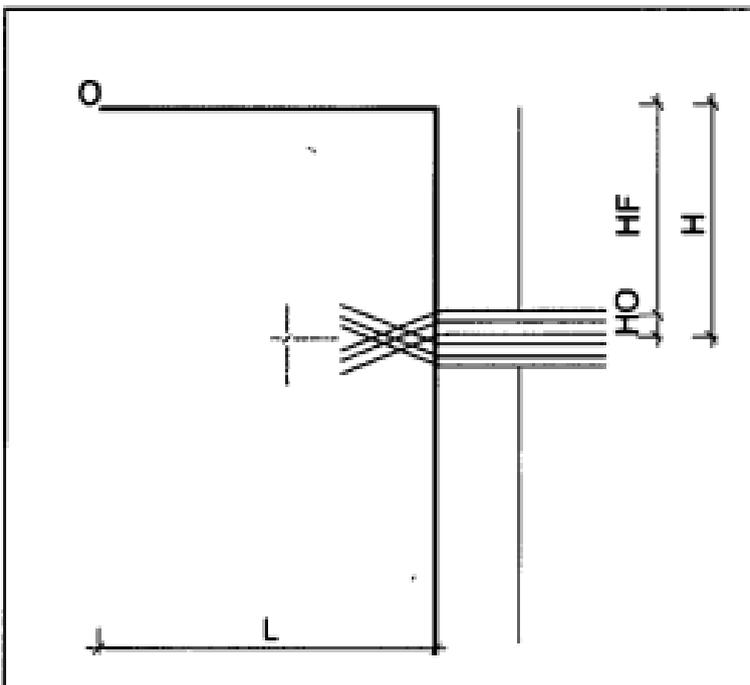
Remplazando la velocidad del punto uno de la ecuación 04 en la ecuación 03, se tiene:

$$h_o = 1.56 \frac{(V_2)^2}{2g} \dots\dots E. 04$$

Para los cálculos,  $h_0$  es definida como la carga sobre el orificio de entrada que permita producir la velocidad de pase.

**Figura 4**

*Carga disponible y perdida de carga en orificio de entrada.*



*Fuente.* Ministerio de vivienda construcción y saneamiento 2018.

De la figura 4, tenemos:

$$H_f = H - h_o \dots\dots\dots E. 05$$

Donde:

$H_f$ : pérdida de carga que permite encontrar la distancia entre la caja de captación y el afloramiento.

$H$ : altura recomendada de 0.50 a 1.00 (Ministerio de Vivienda)

$$L = H_f/0.30 \dots\dots\dots E. 06$$

❖ **Ancho de la pantalla (b)**

Para determinar el ancho de pantalla en captaciones de manantial de ladera, es necesario conocer el número de orificios y el diámetro que permitirán fluir el agua desde la zona de afloramiento hacia la cámara húmeda. Para el cálculo del diámetro de la tubería del orificio (D), se utiliza la siguiente ecuación.

$$A = \frac{Q_{max}}{C_d x V} = \frac{\pi D^2}{4} \dots\dots\dots E. 07$$

**Donde:**

**Q<sub>max</sub>:** gasto máximo de la fuente en L/s

**A:** área de la tubería en m<sup>2</sup>

**C<sub>d</sub>:** coeficiente de descarga, valores recomendados 0.6 a 0.8. (MVCS,2018)

**V:** Velocidad de paso, se recomienda valores menores o iguales a 0.6 m/s. (MVCS,2018)

**D:** diámetro de la tubería, se recomienda usar diámetro menores o iguales a 2”

Si se obtuvieran diámetros mayores, se optaría por aumentar el número de orificios (N<sub>A</sub>), siendo:

$$N_A = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 + 1 \dots\dots\dots E. 08$$

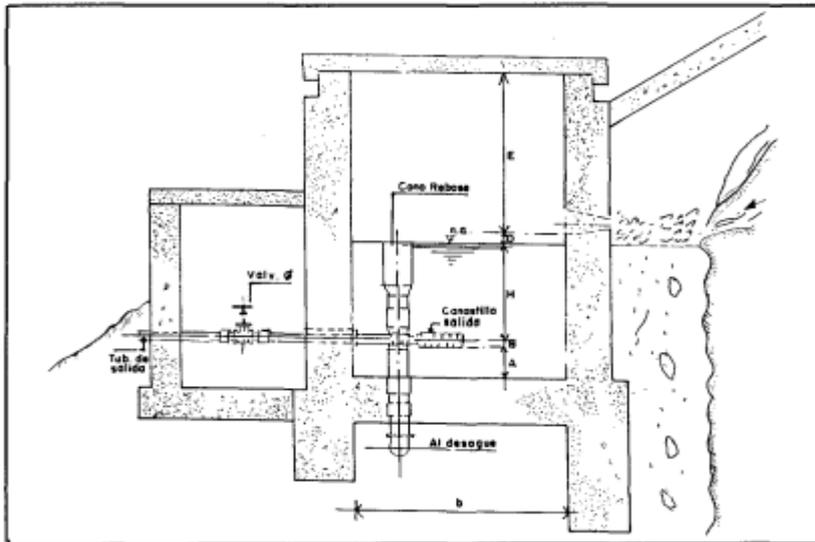
Teniendo el diámetro de la tubería y el número de orificios, se calcula el ancho de la pantalla (b) mediante la siguiente ecuación:

$$b = 2(6D) + N_A(D) + 3D(N_A - 1) \dots\dots\dots E. 09$$

❖ **Altura de la cámara húmeda (Ht)**

**Figura 5**

*Altura total de la cámara húmeda*



*Fuente. (Agüero, 1997, pag. 42).*

La altura total de la cámara húmeda se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$H_t = A + B + H + D + E \quad \dots\dots E. 10$$

**Donde:**

**A:** se recomienda una altura mínima de 10 cm que permita la sedimentación de la arena.

**B:** Se considera la mitad del diámetro de la canastilla de salida.

**H:** Altura de agua, se recomienda una altura mínima de 30 cm.

**D:** Desnivel entre el ingreso del agua de afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda, se recomienda una altura mínima de 5 cm.

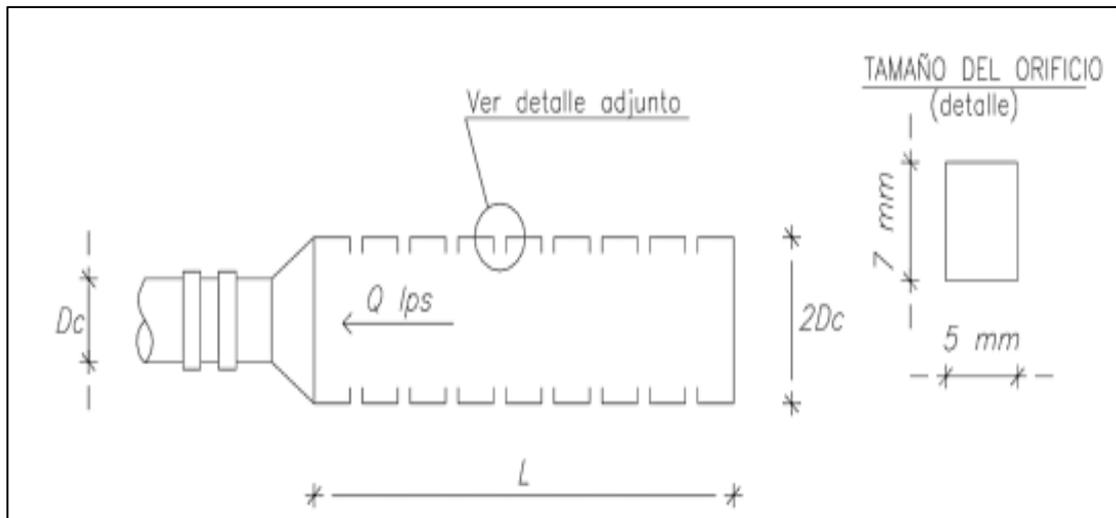
**E:** Borde libre, se recomienda 30 cm como mínimo.

❖ **Dimensionamiento de canastilla**

Para el dimensionamiento se considera que el diámetro de la canastilla debe ser dos veces el diámetro de la tubería de salida a la línea de conducción (D)(ver figura 07); que el área total de las ranuras (At) sea el doble del área de la tubería de línea de conducción; y que la longitud de la canastilla (L) sea mayor a 3 Dc y menor a 6Dc (Agüero, 1997, p.43).

**Figura 6**

*Canastilla de salida*



Fuente. SMETand wijk 2002, p.165.

$$A_t = 2A_c \quad \dots\dots E. 11$$

$$A_c = \frac{\pi D_c^2}{4} \quad \dots\dots E. 12$$

Conociendo el área de cada ranura y el área total de ranuras se procede a determinar el número de ranuras:

$$\text{N}^\circ \text{ Ranuras} = \frac{\text{Área total de ranuras}}{\text{Área de ranuras}} \quad \dots\dots E.13$$

❖ **Tubo de rebose y limpia**

Según Agüero (1997, p.44) se aconseja que las tuberías de rebose y de limpieza tengan pendientes que oscilen entre el 1% y el 1.5%, teniendo en cuenta el caudal máximo de aforo.

$$D = \frac{0.71 \cdot Q^{0.38}}{hf^{0.21}} \quad \dots\dots E.14$$

Donde:

**D** = Diámetro en pulgadas.

**Q** = Gasto máximo de la fuente en l/s.

**hf** = Pérdida de carga unitaria en m/m.

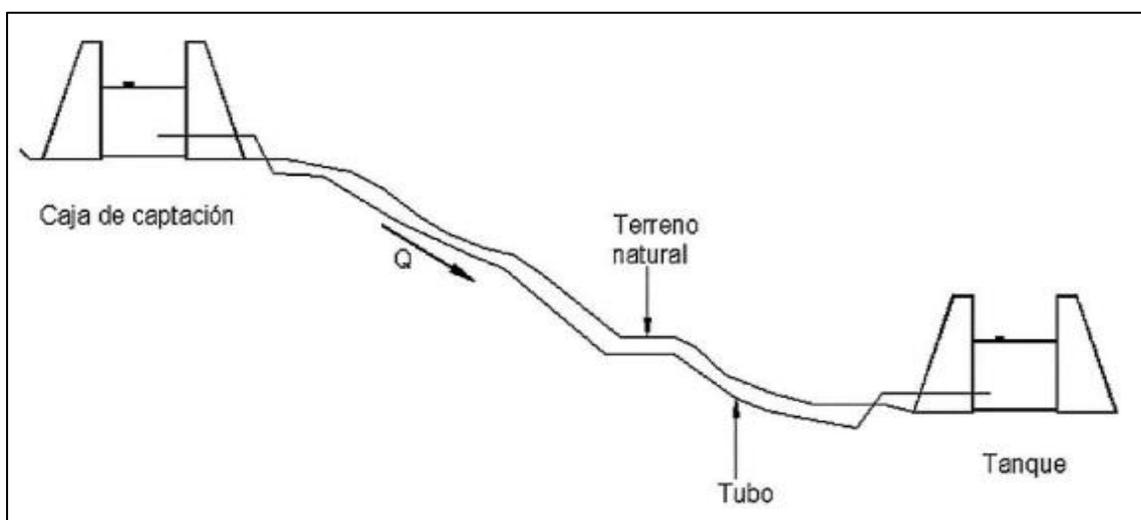
### 2.2.1.2. Líneas de Conducción

Se llama línea de conducción a un sistema integrado de tuberías y accesorios diseñado para transportar agua desde la fuente de suministro hasta el lugar donde se encuentra el tanque de regulación, planta de potabilización o directamente a la red de distribución. La forma en que se realiza esta conducción depende de la relación topográfica entre la fuente de abastecimiento y las instalaciones de regulación. Si la fuente se encuentra a una elevación superior al tanque de almacenamiento, el transporte se lleva a cabo por gravedad, ya sea a través de un canal (sin presión) o mediante un tubo (a presión), siendo esta última opción la más común en proyectos de abastecimiento de agua potable. Si la fuente de abastecimiento se encuentra a un nivel topográfico abajo del tanque de regularización, la conducción se realiza por bombeo (Santi, 2016, p. 19).

La línea de conducción en un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad comprende un conjunto de tuberías, válvulas, accesorios, estructuras y obras de arte diseñados para guiar el flujo de agua desde el punto de captación hasta el depósito, aprovechando la carga estática disponible. Es esencial maximizar la energía disponible para transportar el caudal deseado, lo que comúnmente implica seleccionar el diámetro mínimo que garantice presiones iguales o inferiores a la resistencia física que el material de la tubería puede soportar. La línea de conducción debe tener la capacidad de conducir como mínimo, el caudal máximo diario ( $Q_{md}$ ), si el suministro fuera discontinuo, se debe diseñar para el caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ ) (Agüero, 1997 como se citó en Hidalgo, 2019).

**Figura 7**

*Línea de conducción por gravedad*



**Fuente:** Sagarpa (s.f., p.8)

Para tuberías que trabajan con presión, se aplicara la fórmula de Hazen-williams y Fair-Whipple, con los coeficientes de rugosidad en función del material de tubería.

❖ Para tuberías de diámetro superior a 50mm, Hazen-williams:

$$H_f = 10.674 * [Q^{1.852} / (C^{1.852} * D^{4.86})] * L \dots\dots E. 15$$

Donde:

**H<sub>f</sub>**: pérdida de carga continua, en m.

**Q**: caudal en m<sup>3</sup>/s

**D**: diámetro interior en m

**C**: coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

**L**: longitud del tramo, en m.

**Tabla 1**

*Coficiente de Hazen-Williams en tuberías*

Material	C (adimensional)
Acero sin costura	120
Acero soldado en espiral	100
Hierro fundido dúctil con revestimiento	140
Hierro galvanizado	100
Polietileno	140
PVC	150

**Fuente:** Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018).

❖ Para tuberías de diámetro igual o menor a 50mm, Fair – Whipple.

$$H_f = 676.745 * [Q^{1.751} / (D^{4.753})] * L \dots\dots E. 16$$

Donde:

**H<sub>f</sub>**: pérdida de carga continua, en m.

**Q**: caudal en l/min

**D**: diámetro interior en mm

Si tenemos terrenos con desniveles pronunciados son necesarios accesorios complementarios, tales como:

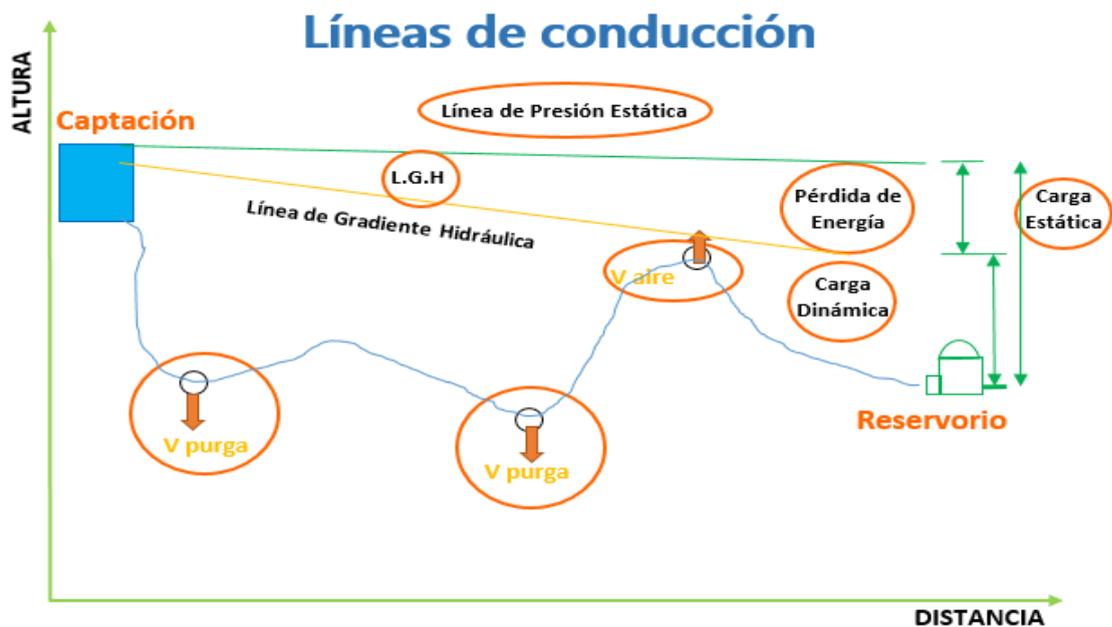
**Válvulas de Aire:** En las líneas de conducción, ya sea por gravedad o mediante bombeo, se instalarán válvulas extractoras de aire en los puntos donde haya un cambio de dirección en los tramos con pendiente ascendente. En los tramos con pendiente constante, estas válvulas se ubicarán cada 2.0 km como máximo. Si hubiera algún peligro de colapso de la tubería a causa del material de la misma y de las condiciones de trabajo, se colocarán válvulas de doble acción (admisión y expulsión) (MCSV, 2018).

**Válvula de Purga:** Se colocará válvulas de purga en los puntos bajos, teniendo en cuenta tanto la calidad del agua que se transportará como el modo de operación previsto para la línea. Las válvulas de purga se dimensionarán de acuerdo a la velocidad de drenaje, siendo recomendable que el diámetro de la válvula sea menor que el diámetro de la tubería (MCSV, 2018).

Para válvulas de aire y purga en sistemas de abastecimiento de agua en las zonas rurales, es recomendable una sección interior mínima de 0.60 x 0.6 x 0.7, tanto para facilidad constructiva, como para permitir el alojamiento de los elementos.

**Figura 8**

*Línea de conducción con válvula de aire y purga*



*Fuente.* Ministerio de vivienda construcción y saneamiento 2018, pag. 76.

Las velocidades mínimas que propicien la limpieza automática no deben ser inferiores a 0.6 m/s y la máxima pudiendo llegar a 5 m/s si se justifica razonablemente. también se tendrá en cuenta que la tubería de la línea de conducción no debe tener diámetros menores a una (01) pulgada.

Para obtener los diámetros mínimos y máximos permitidos de la tubería, se empleará la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q_{md}}{\pi * V}} \quad \dots\dots E. 17$$

Donde:

**D:** Diámetro de la tubería de aducción (m)

**V:** Velocidad del agua (m/s)

**Q<sub>md</sub>:** Caudal máximo diario (L/s)

### **2.2.1.3. Almacenamiento**

La relevancia del reservorio radica en asegurar el correcto funcionamiento hidráulico del sistema y mantener un servicio eficaz, de acuerdo con las proyecciones de necesidades de agua y el rendimiento aceptable de la fuente. La necesidad de un reservorio en un sistema de suministro de agua potable surge cuando el rendimiento aceptable de la fuente es inferior al caudal máximo horario (Q<sub>mh</sub>). En caso que el rendimiento de la fuente sea mayor que el Q<sub>mh</sub> no se considera el reservorio, y debe asegurarse que el diámetro de la línea de conducción sea suficiente para conducir el gasto máximo horario (Q<sub>mh</sub>), que permita cubrir los requerimientos de consumo de la población (Aguero, 1997 como se citó en Hidalgo, 2019).

#### **❖ Cálculo de la capacidad del reservorio.**

En muchas comunidades rurales, no hay datos disponibles para aplicar métodos gráficos o analíticos, pero es posible estimar el consumo promedio diario anual. Con esta información, se determina el volumen de almacenamiento conforme a las regulaciones del Ministerio de Salud.

En los proyectos de suministro de agua potable por gravedad, el Ministerio de Salud sugiere que la capacidad de almacenamiento sea equivalente al 25% de la demanda diaria

promedio anual ( $Q_p$ ) cuando el suministro de agua es continuo. En caso de que el suministro sea discontinuo, la capacidad mínima recomendada es del 30% de  $Q_p$ . Para el suministro continuo Se utilizará la siguiente ecuación:

$$V = 0.25 * \frac{Q_p * 86400}{1000} \dots\dots E. 18$$

#### 2.2.1.4. Línea de Aducción

es la tubería encargada de llevar agua desde el depósito hasta la primera conexión en la red de distribución, especialmente en un sistema que funciona por gravedad. Esta línea debe tener la capacidad de transportar, como mínimo, el caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ ). Además, las velocidades no deben ser menores a 0,6 m/s y máxima a 3,0 m/s. El diámetro mínimo de la línea de aducción es de 25 mm (1") para el caso de sistemas rurales, la presión estática máxima de la tubería no debe ser mayor al 75% de la presión de trabajo especificada por el fabricante (MVCS, 2018). Se utiliza la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q_{mh}}{\pi * V}} \dots\dots E.19$$

Donde:

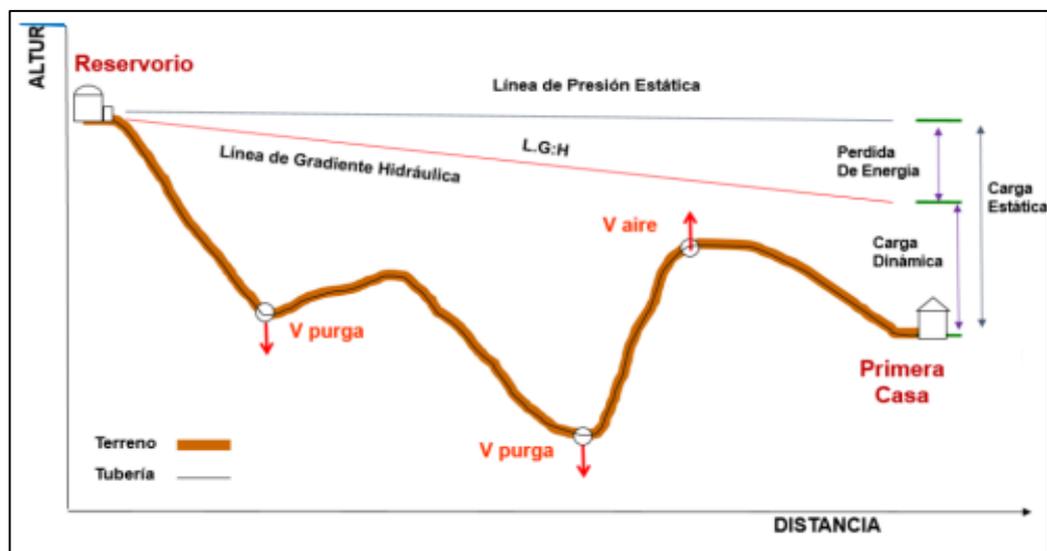
D: Diámetro de la tubería de aducción (m)

V: Velocidad del agua (m/s)

$Q_{mh}$ : Caudal máximo horario (L/s)

**Figura 9**

*Línea de aducción*



*Fuente.* Ministerio de vivienda construcción y saneamiento 2018, pag. 124

### **2.2.1.5. Redes de Distribución de Agua Potable**

La red de distribución de agua potable consiste en un conjunto de tuberías diseñado para suministrar agua a los usuarios, ya sea a través de hidrantes de toma pública o mediante conexiones domiciliarias. La distribución se inicia en el tanque reservorio y recorren todas las calles de la localidad beneficiaria; las tuberías que la integran son de diferentes diámetros, que van enterrados en la vía pública es decir en terrenos propiedad del Municipio, a los que se conectan tuberías de pequeños diámetros para introducir el agua a las edificaciones (Santi, 2016, p. 42).

Las presiones en el sistema deben cumplir con los requisitos tanto en situaciones máximas como mínimas que puedan surgir durante el análisis. En este sentido, la red debe mantener presiones de servicio mínimas que garanticen el suministro de agua a las viviendas, especialmente aquellas ubicadas en la parte más alta del pueblo. También en la red deben existir limitaciones de presiones máximas tales que no provoquen danos en las conexiones (Agüero, 1997).

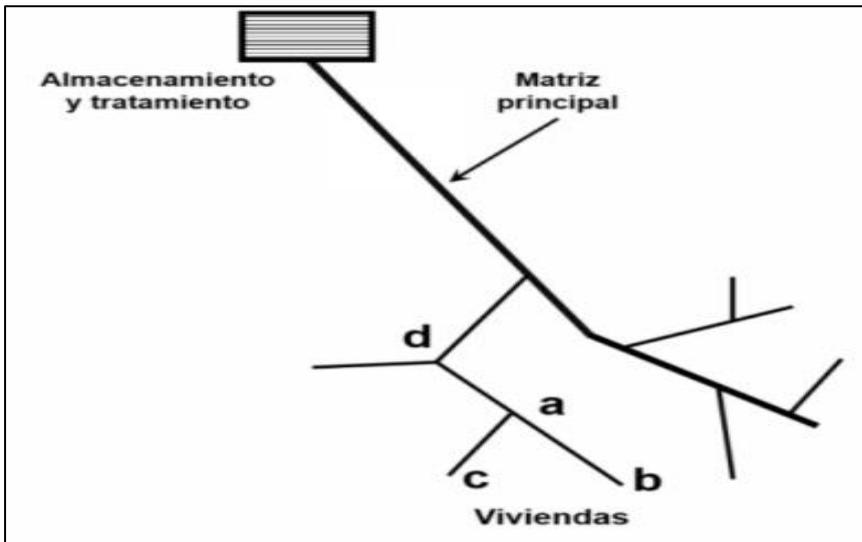
#### **A. Tipos de redes de distribución**

##### **❖ *Red Abierta***

Un sistema de suministro abierto o ramificado es un sistema en una serie de ramificaciones se desprenden de la tubería principal o matriz y culminan en pequeñas mallas, a menudo designadas como puntos ciegos o muertos, que se asemejan a la disposición de la espina dorsal de un pez. Este enfoque se emplea con mayor frecuencia en terrenos que presentan desafíos económicos y técnicos para establecer conexiones directas entre las ramificaciones. En las poblaciones, este sistema suele seguir un desarrollo lineal a lo largo de un camino o río, que es la ubicación de la red principal, de la cual se derivan las tuberías secundarias. Dentro de sus desventajas están: el flujo en un solo sentido, lo que genera que gran parte de la población puede quedarse sin servicio en el caso que se haga reparaciones o mantenimiento; también los olores y sabores no deseados por la permanencia estática del agua que no circula en los puntos muertos, donde se instalan válvulas de purga para limpiar y evitar la contaminación del agua (Bardales, 2022).

**Figura 10**

*Red de distribución abierta*



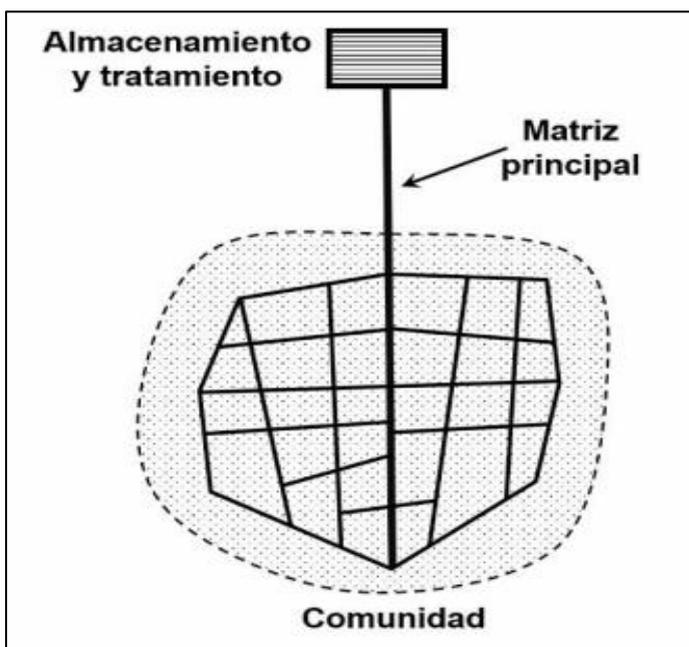
*Fuente.* United States Agency for International Development (USAID, 2016, p.34).

❖ **Red Cerrada o Mallada**

En el sistema cerrado o mallado el agua circula por un conjunto de tuberías que están interconectadas en forma de malla, creando un sistema cerrado, con buena eficiencia en presión y caudal, en este caso no hay puntos muertos y los tramos se abastecen por ambos extremos logrando menores pérdidas de carga (Bardales, 2022).

**Figura 11**

*Red de distribución cerrada*



*Fuente.* USAID (2016, p.34)

### ❖ *Red Mixta*

Es posible optar por un sistema mixto, es decir, utilizar una distribución en forma de malla en el centro de la población y un sistema ramificado para los barrios ubicados en los extremos. En las redes mixtas, únicamente se instalan distribuidores ciegos cuando la trama urbana lo requiera, como pueden ser los fondos de saco y los puntos de consumo aislados, su longitud no será mayor de 300 m. ni podrán abastecer a más de 200 viviendas (Bardales, 2022).

## **B. Funcionamiento de las Redes de Distribución**

Las redes de distribución de agua potable, independientemente de la ciudad o localidad a la que suministren y de su configuración topológica, deben ser diseñadas para proporcionar un funcionamiento hidráulico adecuado a lo largo de su vida útil proyectada. Para lograr esto, existen normas técnicas, que aunque pueden variar de un país a otro, convergen en principios básicos. Estos principios permiten evaluar si el rendimiento hidráulico de la red es óptimo. En consecuencia, evaluar el funcionamiento hidráulico de las redes de distribución requiere analizar parámetros como presión, velocidad, pérdida de carga, caudal, entre otros, y verificar si estos valores se encuentran dentro de los rangos establecidos por la normativa técnica del país correspondiente. Esta normativa se basa en investigaciones para garantizar un adecuado funcionamiento hidráulico y, por ende, un servicio de agua potable operacionalmente aceptable. En pocas palabras, una red de agua potable que tiene un buen funcionamiento hidráulico, que se entiende como aquella en la cual los parámetros hidráulicos como presión, velocidad, pérdida de carga y caudal se encuentran comprendidos entre los valores establecidos por las normas técnicas del país (Álvarez, 2016, como se citó en Bardales 2022).

En el Perú tenemos el Reglamento Nacional de Edificaciones, que a través de la norma OS.050 Redes de distribución de agua potable, menciona lo siguiente en cuanto a los parámetros hidráulicos:

**Velocidad:** La preferencia del diámetro de la tubería está inmediatamente asociada a la velocidad que debe producirse en el conducto. Según la norma OS.050, OS. 010, la velocidad mínima no debe ser menor a 0.6 m/s y la velocidad máxima admisible será de 3 m/s y, en casos muy justificados, se admitirá una velocidad máxima de 5 m/s (Bardales 2022).

**Presiones:** Las zonas de deformación se pueden describir en función de la topografía, las presiones mínimas y la ubicación de la influencia del yacimiento. La topografía delimita las

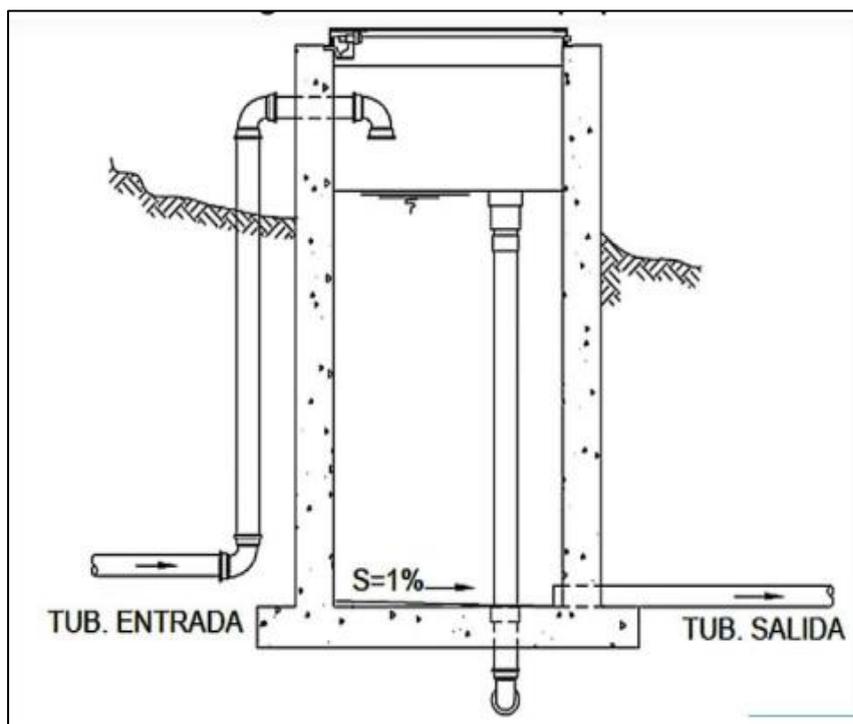
áreas de abasto, teniendo en cuenta la presión máxima y mínima de la red de distribución, de 50 a 10 metros de columna de agua (m.c.a.) y en casos de abastecimiento de agua en las piletas, la presión mínima será 3.50m a la salida de la pileta de acuerdo a la normativa nacional de edificación. - Norma OS.050 (Bardales 2022).

**Estructuras Complementarias.** Si tenemos terrenos con desniveles pronunciados son necesarios otros elementos complementarios, tales como:

**Cámaras o Caja Rompe Presión.** El desnivel que pueda existir entre la captación y algunos puntos a lo largo de la línea de conducción, hará que puedan generarse presiones que sean superior a la máxima que pueda soportar la tubería designada. En este aspecto, será necesario realizar la construcción de una cámara rompe presiones que puedan permitir disipar la energía y reducir la presión relativa a cero (presión atmosférica), esto con la finalidad de reducir daños a la tubería. Estas estructuras permiten utilizar tuberías de menor clase, reduciendo considerablemente los costos en las obras de abastecimiento de agua potable (Hidalgo, 2019). Se recomienda la instalación de cámaras rompe presión por cada 50 m de desnivel existente y, además, la tubería de ingreso deberá estar por encima del nivel del agua (Bardales, 2022).

**Figura 12**

*Cámara rompe presión*



**Fuente:** TIXE (2004 a, p.8, como se citó en Bardales, 2022)

**Válvulas reguladoras de presión.** A través de este tipo de válvulas, es posible disminuir la presión máxima en la tubería con el propósito de resguardar las instalaciones situadas más abajo en el sistema. Al emplearlas, se logra mantener y regular una presión constante. Aunque su función es similar a la de la cámara de ruptura de presión, la ventaja radica en que estas válvulas demandan un espacio de instalación reducido. Aunque su costo es elevado, existe una tendencia que muestra cierta preferencia por este tipo de válvulas (Bardales, 2022).

### 2.2.2. Población de Diseño y Demanda de Agua.

Las obras de agua potable se diseñan para un tiempo futuro prudencial de 10 a 20 años y no solo para satisfacer una necesidad del momento, se debe prever para una población futura al final del periodo. Con la población futura se determina la demanda de agua para el final del periodo del diseño.

#### A. Periodo de diseño

El periodo de diseño puede definirse como el tiempo en el cual el sistema será 100% es eficiente, ya sea por capacidad en la conducción del gasto deseado o por la existencia física de las instalaciones (Aguerro, 1997).

Según la norma del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018) el periodo de diseño se determinará considerando los siguientes factores:

Nivel de complejidad para llevar a cabo la expansión de la infraestructura, Aumento de la población, Recursos financieros disponibles para la realización del proyecto, así como la ubicación geográfica, especialmente en áreas propensas a inundaciones.

Periodos de diseño máximos para sistema de agua y saneamiento serán los siguientes:

**Tabla 2**

*Periodo de diseño de infraestructura sanitaria*

ESTRUCTURA	PERIODO DE DISEÑO
✓ Fuente de abastecimiento	20 años
✓ Obra de captación	20 años
✓ Pozos	20 años
✓ Planta de tratamiento de agua para consumo humano (PTAP)	20 años
✓ Reservorio	20 años
✓ Líneas de conducción, aducción, impulsión y distribución	20 años
✓ Estación de bombeo	20 años
✓ Equipos de bombeo	10 años
✓ Unidad Básica de Saneamiento (arrastré hidráulico, compostera y para zona inundable)	10 años
✓ Unidad Básica de Saneamiento (hoyo seco ventilado)	5 años

*Fuente.* Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2018).

### **B. Población de diseño:**

Para el cálculo de la población de diseño, se utilizarán métodos aritméticos, según la siguiente formula:

$$P_f = P_a \left( 1 + \frac{rt}{1000} \right) \quad \dots\dots E.20$$

**Donde:**

$P_a$  : población inicial (habitantes)

$P_f$  : población futura o de diseño. (habitantes)

$r$  : índice de crecimiento poblacional anual (%)

$T$  : periodo de diseño (años)

Con respecto al índice de crecimiento poblacional ( $r$ ), según el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2018), recomienda el método aritmético y se detalla en la siguiente formula:

$$r\% = \frac{P_n - P_m}{P_n(T_m - T_n)} * 100 \quad \dots\dots E.21$$

**Donde:**

$r$  : índice de crecimiento poblacional anual (%)

$P_n$  : Población del último año de censo (habitantes)

$P_m$  : Población del penúltimo censo(habitantes)

$T_n$  : Año del penúltimo censo

$T_m$  : Año del último censo.

### **C. Demanda de agua**

Considerando los factores que determinan las variaciones de la demanda de consumo de agua en las diferentes regiones, en la **tabla 3** tenemos la Dotación de agua según opción tecnológica y región:

**Tabla 3**

*Dotación de agua según opción tecnológica y región.*

REGIÓN	DOTACIÓN SEGÚN TIPO DE OPCION TECNOLÓGICA (l/hab.d)	
	SIN ARRASTRE HIDRÁULICO (COMPOSTERA Y HOYO SECO VENTILADO)	CON ARRASTRE HIDRÁULICO (TANQUE SÉPTICO MEJORADO)
COSTA	60	90
SIERRA	50	80
SELVA	70	100

*Fuente.* Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2018).

#### **D. Variaciones de consumo**

##### **❖ Consumo promedio diario anual**

Es el resultado de una estimación del consumo per cápita para la población futura del periodo de diseño, expresada en (l/s) (Agüero, 1997).

El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2018) recomienda la siguiente fórmula:

$$Q_p = \text{Dotacion} \left( \frac{L}{\text{hab}} \cdot \text{dia} \right) * \text{Poblacion}(\text{hab}) \text{ (l/d)} \quad \dots\dots E.22$$

##### **❖ Consumo máximo diario (Q<sub>md</sub>)**

El consumo máximo diario es el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año (Agüero, 1997)

En caso de no existir registros de consumos reales en la localidad donde se realiza el proyecto; se debe asumir un K1 igual a 1.3 del consumo promedio diario anual (MVCS,2018).

$$Q_{md} = K_1 * Q_p \quad \dots\dots E.23$$

**Donde:**

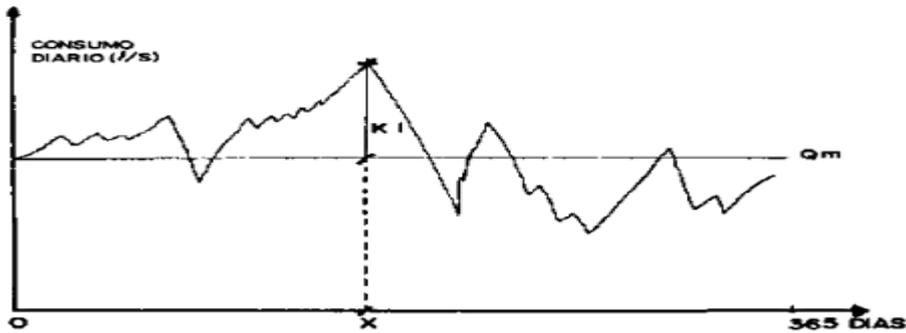
$Q_p$  : Caudal promedio diario anual en l/s.

$Q_{md}$  : Caudal máximo diario en l/s

$K_1$  : Coeficiente de variación de consumo diario.

**Figura 13**

*Variaciones diarias de consumo.*



*Fuente.* (Agüero, 1997)

❖ **Consumo máximo horario ( $Q_{mh}$ ).**

El consumo máximo horario se da en la hora donde el consumo es máximo en el día de máximo consumo en los registros observados (Agüero, 1997).

En caso de no existir datos reales se debe considerar un  $K_2$  igual a 2.0 del consumo promedio diario anual (MVCS, 2018).

$$Q_{mh} = K_2 * Q_p \quad \dots\dots E.24$$

**Donde:**

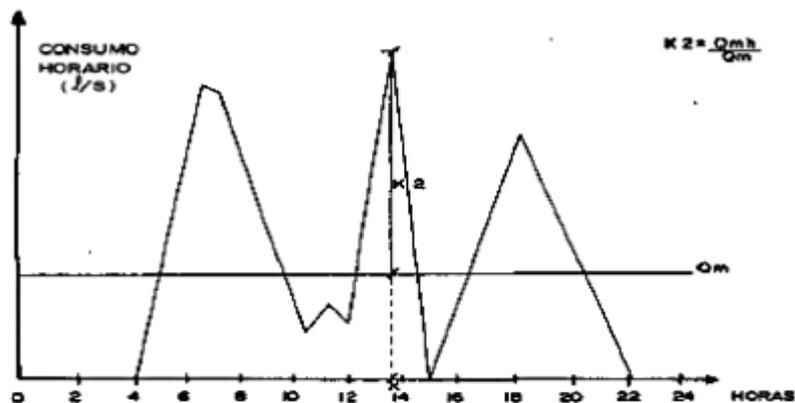
$Q_p$  : Caudal promedio diario anual en l/s.

$Q_{mh}$  : Caudal máximo horario en l/s

$K_2$  : Coeficiente de variación de consumo horario.

**Figura 14**

*Variaciones horarias de consumo*



*Fuente.* (Agüero, 1997)

### **2.2.3. Topografía**

#### **2.2.3.1. Concepto**

Se define como el conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados para poder confeccionar una correcta representación gráfica o plano. El plano es muy importante para realizar proyectos técnicos, también para situar correctamente todo tipo de obras que se desee realizar. Si se desea conocer la posición de cualquier punto en un área de interés determinada, es preciso determinar su ubicación mediante coordenadas que son longitud, latitud, elevación o cota.

La realización del levantamiento topográfico constituye el punto de partida esencial para llevar a cabo diversas fases fundamentales en la identificación y delimitación de un terreno que se va a construir o intervenir, tales como la elaboración y la reubicación de plano

#### **2.2.3.2. Partes que divide la topografía**

La topografía se divide en altimetría y planimetría.

**La planimetría:** estudia los instrumentos y métodos para proyectar sobre una superficie plana horizontal, la exacta posición de los puntos más importantes del terreno y construir una figura similar al mismo. (William R. Gámez Morales, 2015).

**La altimetría:** llamada también como Hipsometría, esta rama de la topografía se encarga de estudiar el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar las alturas o cotas de cada punto respecto a un plano de referencia. Con la altimetría nos permite representar el relieve del terreno como, planos de curvas de nivel, perfiles, etc.

#### **2.2.3.3. Tipos de levantamiento topográfico.**

##### **Levantamiento de tipo general (parcelas y lotes)**

Estos levantamientos tienen como objeto marcar o localizar linderos, límites de propiedades, medir y dividir superficies, ubicar terrenos en planos generales, unir con levantamientos antiguos o proyectar nuevos proyectos.

##### **Levantamiento de vías de comunicación**

Son levantamientos que sirven para estudiar y construir vías de transporte como carreteras, canales, vías férreas, líneas de transmisión, etc.

### **Levantamientos de mina**

Estos levantamientos tienen como finalidad fijar y controlar la posición de los trabajos subterráneos y superficiales requeridos para la explotación de mineral.

### **Levantamientos hidrográficos**

Estos levantamientos son trabajos necesarios para los planos de masas de aguas, líneas de litorales, relieve de fondo de ríos y lagos, ya sea para fines de navegación, para embalses, toma y conducción de aguas, cuantificación de recursos hídricos, etc.

### **Levantamientos catastrales y urbanos**

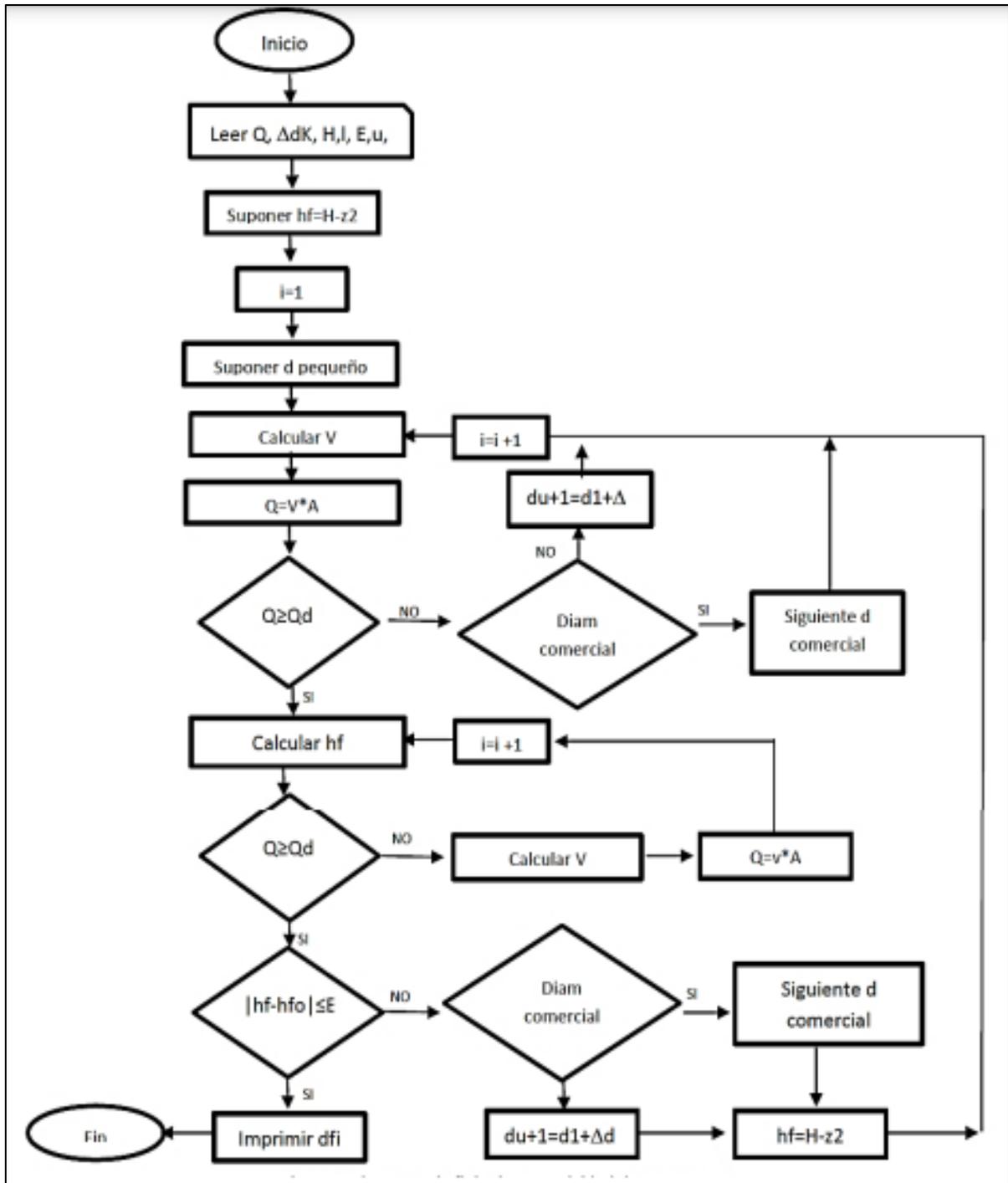
Son los levantamientos que se realizan en ciudades, zonas urbanas y municipios para fijar linderos o estudiar las zonas urbanas, con el único fin de tener planos que servirá de base para la planeación urbana, ya sea en ensanches, ampliación, reformas, proyectos de vías urbanas y proyectos de servicios públicos como saneamiento y electrificación.

#### ***2.2.4. Elaboración de la Simulación Hidráulica con Watercad***

Es una herramienta de modelado, un software comercial que puede analizar, modelar y procesar redes de tensión propiedad del fabricante de software Bentley Systems. Es responsable de generar respuestas de diseño, ensamblaje y operación, sistemas de varios campos. WaterCAD brinda la posibilidad de simular todo lo relacionado con la hidráulica en una versión computacional, representada por factores de tipo: Línea (partes de tubería), Punto (nodos de consumo, embalses, tanques, hidrantes) e híbridos (bombas, válvulas de control, regulación, etc.). El algoritmo de cálculo de este software se basa en una técnica denominada gradiente hidráulico, que permite al diseñador hidráulico evaluar cualquier suministro de agua. red (se puede utilizar en cualquier deriva newtoniana), realizar diversas determinaciones de presión en los factores excepcionales colocados en el dispositivo, también calcular el caudal, velocidades, pérdidas dentro de las trazas que conectan el conjunto hidráulico; así como muchos otros parámetros, llamados funcionales, derivados de factores dados dentro de la máquina en conjunto: válvulas de control, bombas, tanques y otros. De los registros de las propiedades físicas del artefacto y de ciertas condiciones específicas de demanda que se pueden determinar con anticipación. Este programa tiene herramientas para realizar cálculos de productividad dentro de las estrategias, mientras necesitas administrar estadísticas, extraer dimensiones, puedes crear modelos a partir de documentos externos que también apuntan a las necesidades de evaluar el estado de las estrategias, instrucciones y manejo de escenarios, cálculos hidráulicos. esto se puede llamar gestión operativa adicional y noticias y planes. Además, el

software proporciona al usuario formas versátiles y versátiles para visualizar los resultados, que consisten en perfiles, resúmenes de tablas, anotaciones, gráficos de versiones temporales, códigos de colores, etc. Este software tiene una interfaz gráfica de usuario independiente y se puede integrar con archivos CAD, así como con archivos producidos con AutoCAD y Bentley MicroStation. El modelado de la malla de distribución de agua requiere un software de continuidad hidráulica y leyes de conservación de energía para cada red que la compone, un proceso que, aunque confiable, es increíblemente costoso en términos de tiempo y cómputo. Por lo tanto, a menudo es mucho más práctico utilizar software de modelado de comunidades de agua. Dicho software implementa el modelado con los criterios mencionados, formando grandes estructuras de ecuaciones no lineales, en el caso más grande conocido, sistemas no lineales, que tarde o temprano se resuelven por métodos numéricos. Watercad es un software que permite el cálculo de las velocidades del agua en redes de distribución, así como la compatibilidad con el cálculo de electricidad en redes positivas, con la ventaja añadida de que esto se consigue de forma automática, lo que reduce el número de casos de cálculo y evaluación. La figura muestra la interfaz gráfica de usuario (GUI) estándar del software utilizado en esta investigación. Es importante tener en cuenta que, para recopilar velocidades y presiones en el sistema, este debe proporcionar estadísticas que incluyan topografía, ubicación del tanque de agua del garaje, arreglo de tuberías, definición de materiales de donación en preparación y evaluar el uso de Hazen y Williams. Si se describen tanto el suelo como el sistema de agua, se deben dar al programa las coordenadas de cada nodo de tuberías y tanques de agua. Con esta información, el programa recupera información relacionada con la ubicación de las tuberías frente a las obras y permite el cálculo de parámetros interesantes (Vidal, 2019).

**Figura 15**  
 Diagrama de flujo de operatividad de waterCAD



*Fuente.* (Bentley Systems, 2017, como se citó en Bardales, 2022)

### 2.3. Definición de términos básicos

**Aforo:** En el ámbito de los recursos hídricos, el término "aforar" implica la medición del caudal de agua en una sección específica de una conducción, ya sea un río, canal, arroyo, u otro. Las estaciones de aforo son instalaciones que nos permiten evaluar el caudal de agua que discurre por el río a lo largo del tiempo (Arriaga, 2015).

**Operación y mantenimiento:** Hace referencia a las acciones adecuadas de operación y mantenimiento del servicio, incluyendo la distribución de caudales, la gestión de válvulas, la limpieza, la cloración del sistema, la desinfección, las reparaciones, la presencia de un operador y la sectorización. También abarca la disponibilidad de herramientas, repuestos y accesorios para reemplazos o reparaciones, así como la protección de la fuente y la planificación anual del mantenimiento y del servicio proporcionado al residente (Cosucode, Care y Propilas, 2006).

**Agua potable:** Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/ biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano (SUNASS, 2007).

**Captación:** Estructura que permite captar agua desde un cuerpo o corriente subterránea de forma continua, segura y sin disminución de las condiciones hidrológicas, geológicas y ecológicas en los alrededores o aguas abajo (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

**Línea de conducción:** Estructuras y elementos que conectan las captaciones con los reservorios, pasando o no por las estaciones de tratamiento (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

**Línea de aducción:** Estructuras y elementos de tuberías que conducen el agua desde el reservorio a la red de distribución (MVCS, 2016).

**Red de distribución:** Conjunto de tuberías principales y ramales distribuidores que permiten abastecer de agua para consumo humano a las viviendas (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

**Reservorio (o depósito):** Estructura impermeable diseñada para almacenar agua destinada al consumo humano, comercial, gubernamental y social. Por su función, los reservorios pueden ser de regulación, de reserva, de mantenimiento o de alguna combinación de las mismas (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

**Válvula de purga:** Válvula ubicada en los puntos más bajos de la red para eliminar acumulación de sedimentos y permitir el vaciado de la tubería (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

**Tubería:** Componente de sección transversal anular y diámetro interior uniforme, de eje recto cuyos extremos terminan en espiga, campana, rosca o unión flexible (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

**Conexión domiciliar de agua:** Son un grupo de conexiones y accesorios que van desde la red de distribución del sistema de abastecimiento de agua potable hasta la entrada de la vivienda o local público, con el propósito de abastecer de agua a cada lote, vivienda o local público (MVCS, 2016).

## CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

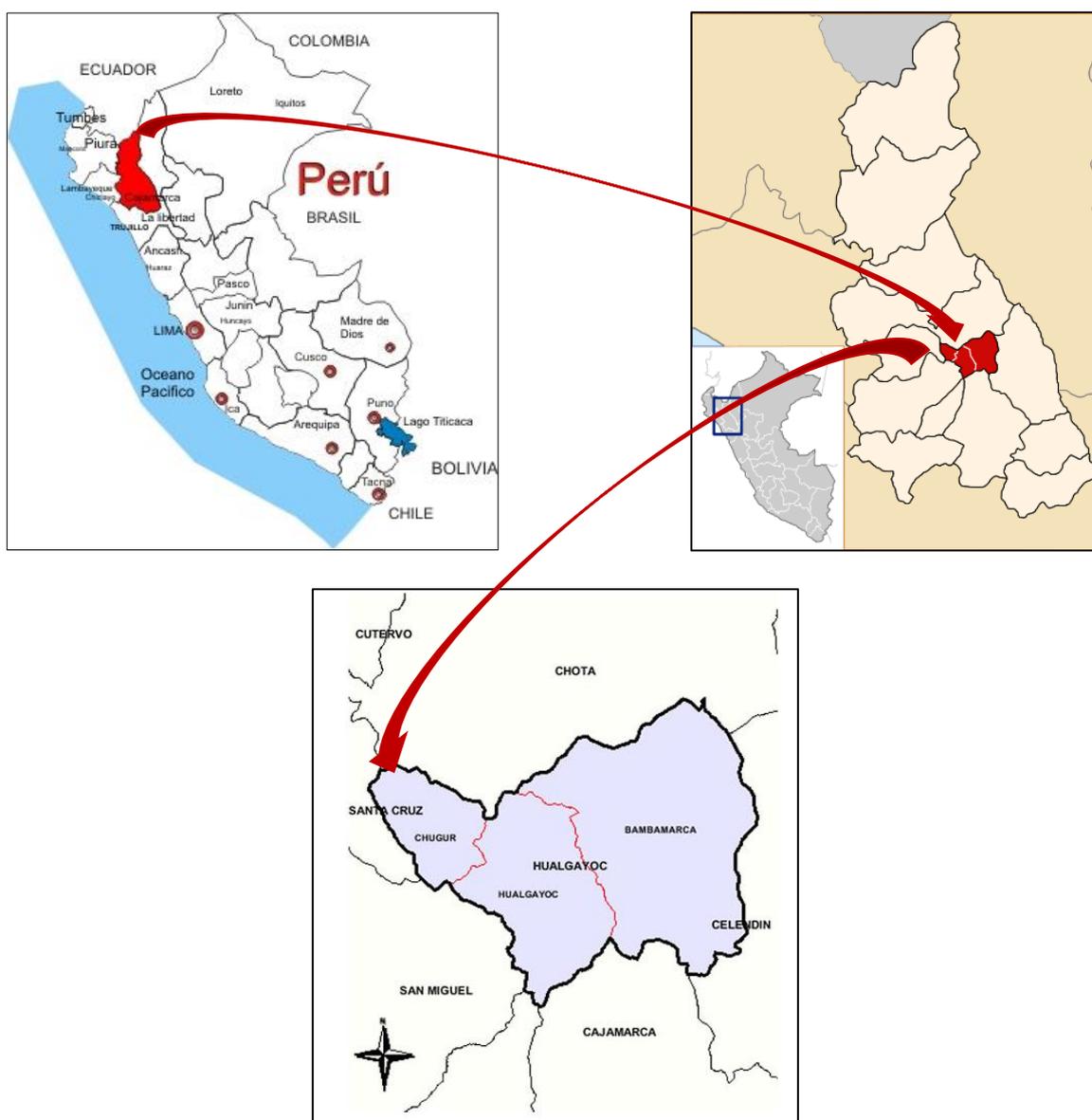
### 3.1. Descripción de la Zona de Estudio

#### 3.1.1. Ubicación Geográfica Del Área De Estudio

El caserío de Perlamayo Tres Lagunas se encuentra ubicado en el distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc – Bambamarca, departamento de Cajamarca. La altitud es de 3441 m.s.n.m (punto de referencia la iglesia del caserío). Según la clasificación del Dr. Javier Pulgar Vidal el caserío de Perlamayo Tres Lagunas se encuentra ubicado en la región natural sierra.

**Figura 16**

*Ubicación geográfica región Cajamarca, provincia de Hualgayoc y distrito de Chugur.*



Fuente. [https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito\\_de\\_Chugur](https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Chugur).

En la Tabla N°4 se muestra la ubicación geográfica de la zona de investigación

**Tabla 4.**

*Ubicación de la zona de estudio*

PARÁMETRO	VALOR	LOCALIDAD	COORDENADA (UTM) CAPTACION		COORDENADA (UTM) ULTIMA CONEXIÓN	
HEMISFERIO	SUR	PERLAMAYO TRES LAGUNAS	Este	E= 9260764.36	Este	E= 757290.80
USO	17		Norte	N= 757824.31	Norte	N=9262339.20
FRANJA	M		Altitud	3617 m.sn.m	Altitud	3595.14 msnm
DATUM	WGS-84					

Fuente. Elaboración propia

**Figura 17**

*Ubicación de la Zona De Estudio*



Fuente. Google Earth, (2023).

### 3.1.2. Población

El caserío de Perlamayo Tres Lagunas cuenta con una población de 304 en 87 viviendas censadas según (INEI, 2017), lo que significaría que por cada vivienda existen 4 habitantes. Según el padrón de usuarios de la junta de beneficiarios de del sistema de agua potable cuenta con 22 usuarios, entonces el total de habitantes del sistema a intervenir es de 88.

### 3.2. Antecedentes Históricos de Sistema de Agua Potable en Estudio

Con fecha 19 de diciembre del 2013 se inició los trabajos del sistema de agua potable con presupuesto de saldo de una obra sin contar con un expediente técnico. Con fecha 7 de junio del 2014 se termina el proyecto con deficiencias; el agua no llega al punto más alejado donde

se proyectaba, Posteriormente modificándose en altitud en tres tramos para hacerlo llegar el agua al punto final. Actualmente el sistema se encuentra en funcionamiento al parecer con poca presión en los puntos más lejanos.

### **3.3. Materiales, equipos y Softwares utilizados.**

#### **A. Materiales**

- ✓ Libreta de apuntes
- ✓ Lapicero
- ✓ Wincha
- ✓ Depósito de 13 litros: para medir el caudal de la captación.
- ✓ Formatos de encuestas.

#### **B. Equipos**

- ✓ Manómetro: Para medir las presiones en las tuberías.
- ✓ GPS garmin: Para tomar alturas y coordenadas durante el recorrido del sistema.
- ✓ Cámara fotográfica: Para las fotos en campo.
- ✓ Laptop: Para el uso de programas.
- ✓ Cronometro: para medir los tiempos.
- ✓ Estación total equipado: levantamiento topográfico.

#### **C. Softwares.**

- ✓ Microsoft Word: para redacción del documento de tesis.
- ✓ Microsoft Excel: Para uso de tablas y cálculos de datos.
- ✓ Microsoft PowerPoint: Para realizar diapositivas de presentación.
- ✓ AutoCAD 2022: Para la elaboración de planos.
- ✓ WaterCAD V8i: Para el modelamiento del sistema.

### **3.4. Hipótesis**

#### **3.4.1. Hipótesis general**

El sistema de agua potable La Totora del caserío Tres Lagunas en el distrito de Chugur de la provincia de Hualgayoc, presenta problemas de presión en las tuberías, mala administración del agua del agua, tuberías rotas, válvulas dañadas y estructuras que han llegado al final de su vida útil, que afecta el adecuado suministro del agua potable.

### **3.5. Variables**

#### **3.5.1. *Variable dependiente***

Sistema de agua potable La Totora

#### **3.5.2. *Variables independientes***

- ✓ Infraestructura del sistema de agua potable
- ✓ Operación y mantenimiento
- ✓ Gestión administrativa
- ✓ Presiones del caudal

#### **3.5.3. *Operacionalización de variables.***

**Tabla 5.**

*Operacionalización de variables*

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	VARIABLES INDEPENDIENTES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	
				INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Sistema de agua potable	Un sistema de abastecimiento de agua potable consiste en un conjunto de obras necesarias para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir el agua desde fuentes naturales ya sean subterráneas o superficiales hasta las viviendas de los habitantes que serán favorecidos con dicho sistema	Infraestructura del sistema de agua potable	Evalúa primordialmente el estado de la infraestructura en todas sus partes. Se analiza la relación que tiene con la continuidad del servicio, la cantidad del recurso hídrico y la calidad del agua; así como con la cobertura del servicio y su evolución.	Tiempo de funcionamiento	Nominal
				Estado actual	Nominal
				Vida Útil	Nominal
		Operación y mantenimiento	Referida a la operación y mantenimiento del servicio, distribución de caudales, manejo de válvulas, limpieza, cloración del sistema, desinfección, reparaciones, presencia de un operador y sectorización, como también, la disponibilidad de herramientas, repuestos y accesorios para reemplazos o reparaciones; protección de la fuente y planificación anual del mantenimiento y el servicio que se brinda a domicilio	Funcionamiento del sistema	Nominal
				Cantidad de agua	Nominal
				Calidad de agua	Nominal
		Gestión administrativa	La gestión comprende la administración del sistema tanto en los aspectos organizacionales, económicos e ínter Institucionales.	Cobertura del servicio	Nominal
				Satisfacción del usuario	Nominal
				Morosidad	Nominal
		Presiones en el caudal	La presión en una tubería es la fuerza principal que permiten el flujo del agua a través del sistema de tuberías. La presión se transmite a través del fluido en toda la longitud de la tubería, lo que permite que el fluido se mueva a través de ella.	Presión en las conexiones domiciliarias	Ordinal
Presión en la línea de conducción, aducción y red de distribución	Nominal				

### **3.6. Metodología**

#### **3.6.1. Tipo de Estudio**

La investigación es de tipo aplicada, ya que los resultados obtenidos podrán ser utilizados para solucionar un problema real.

El nivel de investigación es descriptivo ya se describirá el estado en el que se encuentra es sistema de agua potable a evaluar.

#### **3.6.2. Diseño de Investigación**

El diseño de la presente investigación es No experimental ya que se estudiará la realidad tal cual es, sin modificar o manipular la variable de estudio.

### **3.7. Población y Muestra**

#### **3.7.1. Población**

La población en la presente investigación está constituida por todo el sistema de agua potable La Totora en el distrito de Chugur-Hualgayoc-Cajamarca.

#### **3.7.2. Muestra**

Para nuestro estudio, la muestra es no probabilística, lo que indica que no se utilizó ninguna fórmula estadística para determinar el tamaño de la muestra. Debido a que el sistema presenta características diferentes en sus componentes, se tomara como muestra al mismo sistema de agua potable La Totora

### **3.8. Unidad de Evaluación**

La unidad de evaluación estará conformada por la infraestructura hidráulica del sistema de agua potable La totora en el distrito de Chugur –Hualgayoc Cajamarca.

### **3.9. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Las **técnicas** que se aplicó fue la observación directa, libreta de campo y la encuesta.

- **Observación** con la cual se recaudó la información de campo.
- **Anotaciones en formatos y libreta de campo** se registra los datos tomados en campo y la información obtenida de la evaluación a cada elemento de la

infraestructura hidráulica

- **Encuesta.** Con la identificación de los diferentes problemas de abastecimiento de agua potable en un sector de la comunidad de Perlamayo Tres Lagunas, se procedió a encuestar a los empadronados; la encuesta consta de 11 preguntas la cual son respondidas voluntariamente.

Los **instrumentos** que se utilizaron son la cámara fotográfica, la libreta de campo y la encuesta de operación y mantenimiento del sistema de agua potable.

- **La cámara fotográfica:** Es el instrumento que nos permite registrar las deficiencias más resaltantes encontradas durante el recorrido a la infraestructura hidráulica.
- **Libreta de campo:** Es el instrumento donde se anota la información obtenida de la evaluación hecha al sistema de agua potable mediante la observación directa, además nos permite registrar las mediciones de las presiones tomadas a cada una de las conexiones abastecidas por el sistema de agua La Totorá.
- **Encuesta de operación y mantenimiento del sistema de agua potable:** Instrumento donde recolecta la información sobre la gestión administrativa, operación y mantenimiento que está recibiendo el sistema de agua potable.

### **3.10. Método de trabajo**

#### **Procedimiento para el desarrollo de la investigación.**

Se procedió a reconocer en su totalidad el sistema de agua potable para que así se nos haga más fácil encontrar las deficiencias en los componentes de la infraestructura hidráulica, así como en la línea de conducción, línea de aducción y red de distribución para verificar si cuentan con un correcto diseño, a partir de los resultados que obtengamos se planten las soluciones más eficientes y eficaces para su correcto funcionamiento. También se evaluó la gestión administrativa que viene realizando la junta directiva del sistema de agua La Totorá, además de la operación y el mantenimiento que se le da a la infraestructura hidráulica.

#### ***3.10.1. Reconocimiento y descripción del estado actual del sistema de agua potable La Totorá.***

Esto implica identificar las estructuras que conforman el sistema de agua

potable, determinar las dimensiones de las estructuras, determinar el estado actual del sistema e identificar las deficiencias que requieren soluciones para mejorar la calidad de los servicios de suministro de agua potable en la zona de estudio

**a. Captación.**

Se realizó la visita a la captación para ver su situación actual de la estructura, ubicación y cantidad de agua que existe.

**b. Línea de conducción.**

Se realizó el recorrido de toda la línea de conducción del sistema de agua potable, tomando como punto de inicio la captación y como punto final el reservorio, así mismo se verifica el estado actual de la tubería.

**c. Reservorio.**

La visita al reservorio se realizó con la finalidad de ver la cantidad de agua, también evaluar y determinar si requiere un mantenimiento o cambio del mismo.

**d. Línea de succión.**

Se realizó el recorrido de toda la línea de succión del sistema de agua potable, tomando como punto de inicio el reservorio y como punto final la primera salida de agua de la red de distribución; así mismo se verifica el diámetro de tubería, clase de tubería, longitud de tubería, también se verificará la cantidad de cámara de aire y tomar la progresiva que se encuentran dichas cámaras.

**e. Red de distribución.**

Se realizó la visita a todas las conexiones domiciliarias para ver su estado actual del sistema y tomar presiones de cada conexión domiciliaria.

**3.10.2. Levantamiento topográfico.**

Para la realización del levantamiento topográfico se efectuó el siguiente procedimiento de campo:

- Realizar un recorrido por toda el área del proyecto.
- Se definió el punto de inicio del levantamiento.

- Establecimiento del BM de partida, para ellos se utilizó un clavo de 4 pulgadas, y un GPS Garmin el cual proporcionó las siguientes coordenadas: E 757828.40, N 9261614.40, Z 3626.
- se procedió a plantar el trípode a una altura considerada y a la vez tomando en cuenta que la plataforma en donde va ubicada la estación que de lo mayor horizontal posible.
- Una vez nivelado la estación se procede a la configuración la cual nos dirigimos a gestión para crear nuestro archivo de trabajo.
- Una vez creado nos vamos al icono que dice estacionar el cual nos pide nombre del punto y las coordenadas.
- Luego de haber estacionado y configurado la estación total se procede a:

Las actividades y operaciones necesarias para llevar a cabo el levantamiento topográfico en el campo efectuada directamente sobre el terreno, en las cuales se utiliza una estación total en lo que se acopló la ubicación para tener una idea de la localización del área en estudio y determinar la existencia de acceso al mismo.

Posteriormente al análisis, se planifica todo lo relacionado al método a utilizar para el levantamiento topográfico.

Dependiendo del nivel de precisión que requiere el trabajo a efectuarse, se toma con el GPS para tener una mejor precisión, la orientación del levantamiento topográfico será mediante la utilización de la brújula.

- Se determinó la mejor ubicación del vértice de inicio para conformar una poligonal abierta, que va a conformar el esqueleto o estructura del levantamiento, esto se lleva a cabo colocando un taco como guía del punto de referencia y se procede a limpiar el área alrededor para eliminar obstáculos e interferencias.
- Luego se procedió al estacionamiento del aparato nivelando el aparato ajustado al nivel esférico con la utilización de los tornillos de nivel, todo tiene que estar en verticalidad.
- Por medio de la brújula se aseguró que dichos puntos a levantar están orientados con el norte.

- Se realizó la medición continua de coordenadas a los demás puntos a levantar para la generación del plano topográfico, midiendo las distancias horizontales y verticales entre puntos u objetos o detalles del terreno, ya sea en forma directa o indirecta.
- Se midieron los ángulos horizontales entre alineamiento y los ángulos verticales entre dos puntos del terreno ubicados sobre el mismo
- Se registraron cada uno de los datos generados y cambios correspondientes al proyecto, en la libreta de campo, ya sea de forma manual o electrónica.
- Una vez concluida la operación, se descargó la información del aparato y se guardó en la computadora habilitando el software Civil CAD 3D una carpeta específica para ellos.
- Ordenamos los datos con códigos de leyendas y los transferimos al software para manipular la información.

### ***3.10.3. Evaluación de la funcionalidad hidráulica del sistema de agua potable La totora***

Los datos obtenidos *in situ* fueron procesados y analizados utilizando Microsoft Excel, además se realizó el modelamiento del sistema de agua potable utilizando el programa Watercad para comparar con lo que recomienda el MVCS 2018, y de acuerdo a los resultados se plantearon las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

#### **a. Captación**

Se realizó el cálculo del caudal del afluente mediante el método volumétrico utilizando la Ec. 01, para ver si la línea de conducción es suficiente para captar todo el caudal y no se desperdicie en la captación.

#### **b. Línea de conducción**

Luego de aforar y conocer el caudal del manantial en la captación se procedió a calcular el diámetro, velocidad y la presión de la tubería de PVC con las Ec. 04, 06 y otras; y se verificó con los parámetros existentes si está acorde con los calculados o no cumplen con los criterios técnicos de diseño no permitiendo el correcto funcionamiento de la línea de conducción.

#### **c. Reservorio**

El sistema de agua potable cuenta con un tanque polietileno Eternit de 10000 litros de color negro con una altura de 3.10 y con un diámetro de 2.20 metros respectivamente, se evaluó

el funcionamiento, estado conservación sus ventajas y desventajas de tener un tanque de este material.

#### **d. Línea de aducción**

Se calculó el diámetro mínimo y máximo de la tubería, haciendo uso de las velocidades mínimas y máximas según estipula en la norma OS-050 del reglamento nacional de edificaciones, y se verifico con los datos tomados en campo que estén en el rango de los diámetros calculados; también se verifico la presión que cumpla según lo establecido la norma OS-050, así mismo verifico el material de tubería que está trabajando.

#### **e. Red de distribución**

El trabajo de campo en la red de distribución es la medición de las presiones de cada uno de las conexiones o puntos de salidas, y verificar si las presiones cumplen con lo establecido por MVCS 2018. También se toma nota de los puntos topográficos de cada conexión y su diámetro de tubería de la red de distribución del sistema.

Luego de obtener los datos de campo se procedió a realizar el modelamiento estático de las redes de distribución mediante el software WaterCAD donde se determinó que la presión estática no debe ser menor que 5 mca ni mayores que 60 mca; salvo en las piletas y los puntos que se diseña con el caudal máximo horario debe ser 3.5 mca como mínimo. también se determinó que la velocidad en las tuberías no debe ser menor que 0.6 m/s ni mayor que 3 m/s.

#### ***3.10.4. Evaluación de la operación y mantenimiento del sistema de agua potable La Titora.***

Por un lado, se investigará quienes son las personas autorizadas para operar la infraestructura hidráulica, abriendo y cerrando las válvulas de control; y por otro, los periodos de tiempo durante los cuales se realizan las actividades de mantenimiento en cada estructura que conforma el sistema de abastecimiento de agua, quién es el responsable de realizar estas actividades y en qué condiciones.

#### ***3.10.5. situación de la junta directiva y la gestión administrativa.***

Se examinará el mecanismo de elección de los miembros del directorio y su período de elección, así como si el desempeño de estos cargos está asociado a alguna remuneración económica o de otro tipo. Analizar la satisfacción de los usuarios locales con la gestión y desempeño del actual ayuntamiento a través de la consulta directa puerta a puerta.

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

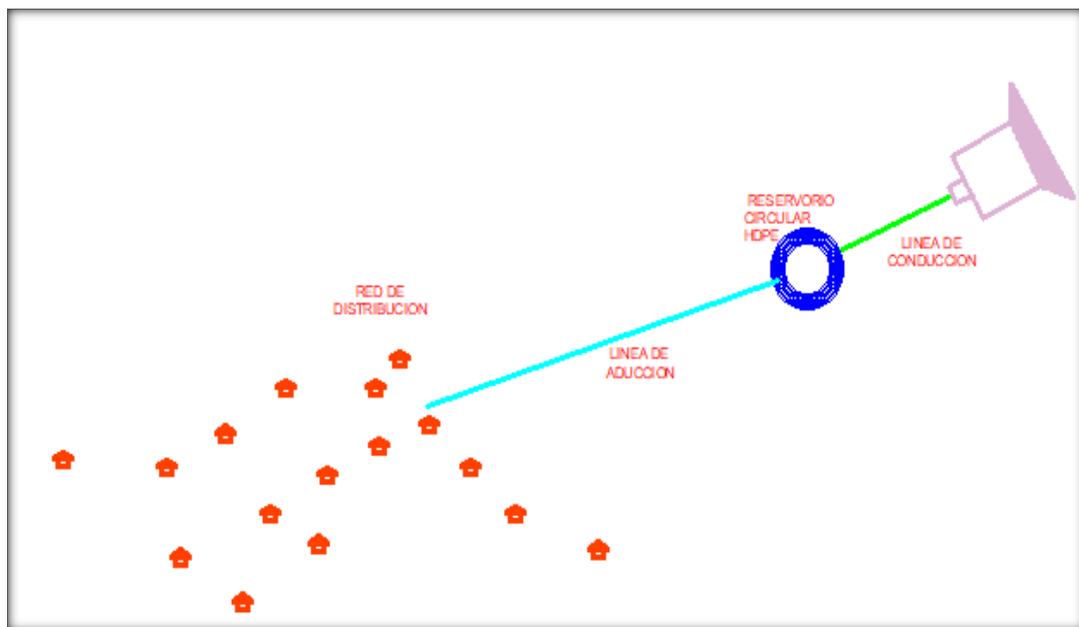
### 4.1. Estado actual del sistema de agua potable La Tatora.

Este sistema de agua potable que beneficia a un grupo de los pobladores de la comunidad de Perlamayo tres lagunas, desde el año 2014.

La investigación tuvo como finalidad analizar y evaluar el estado actual del sistema, adquirir información para identificar los problemas que se tiene en cada uno de los componentes. Por lo que a continuación pasamos a describir y evaluar cada uno de los elementos de dicho sistema.

#### Figura 18

*Esquema del sistema de agua potable la Tatora.*



Fuente. Elaboración propia

#### A. Captación

La captación de ladera del sistema, yace el agua del manantial llamado el chorro, ubicado geográficamente en coordenadas UTM 9260764.36 N, 757824.31 E y una altitud de 3617.00 msnm.

La estructura está construida de concreto armado, en regular estado, que protege al manantial y reúne el agua adecuadamente que produce el mismo, para abastecer a los usuarios. Al mismo tiempo mencionar que no se encuentra protegido (sin cerco perimétrico).

- La cámara húmeda está construida con las siguientes dimensiones; 1.15m x 1.05m y 0.80m de altura; además cuenta con dos (02) tuberías de salida de una pulgada de diámetro, una tubería de limpieza y rebose de una pulgada de diámetro, una tapa de concreto de 0.60m x 0.40m; lo único es que cuenta con canastilla. Por otra parte, la cámara seca o caja de llaves tiene una dimensión de 0.65m x 0.65m por 0.60 m de altura.
- El distanciamiento entre el aforamiento y la cámara húmeda es de 1.40 m; además en la pantalla cuenta con tres orificios con tuberías de una pulgada de diámetro cada uno.

### **Figura 19**

*Orificios en el ancho de la pantalla de captación.*



### **B. Línea de conducción**

Se realizó el recorrido de la línea de conducción junto al presidente de la junta directiva del sistema de agua potable, tomando puntos de referencia con un GPS, para trazar su perfil topográfico con ayuda del software civil 3D y google Earth Pro; donde se obtuvieron los siguientes datos: La cota de captación y llegada de la línea de conducción es 3617.00 msnm y 3616.26 msnm respectivamente.

Durante el recorrido no se encontró válvulas de aire ni válvulas de purga, lo único particular que se observó es que la línea de conducción cuenta con 2 tuberías juntas de una pulgada, de material PVC C-10 en buen estado, y con una longitud de 180.00 m.

## Figura 20

*Línea de conducción conformado por 2 tuberías de 1”.*



### C. Reservorio

El reservorio es de geometría circular de material polietileno, con dimensiones de 3.26 m de altura y de 2.20 m de diámetro con una capacidad de almacenamiento de 10000 mil litros, Se encuentra apoyado en una base de concreto. No tiene cerco perimétrico, así mismo no cuenta con tanque de cloración.

Se encuentra ubicado geográficamente en las coordenadas UTM: 9260683.14 N y 757664.97 E y una altitud de fondo de 3616.26 msnm.

## Figura 21

*Reservorio circular de Eternit del sistema de agua potable.*



### D. Línea de aducción

Se realizó el recorrido de la línea de aducción tomando puntos de referencia con un GPS en todo el tramo, desde el reservorio hasta la primera salida o el inicio de la red de distribución, el material es de PVC C-10 en buen estado, el diámetro de la tubería es de 1 pulgada de diámetro, así mismo se tomó los siguientes datos: La cota de inicio y fin de la línea de aducción es 3614.74 msnm y 3599 msnm respectivamente y tiene una longitud de 542.03 metros. Además, cuenta con una válvula de aire en la elevación 3610.039 msnm con progresiva 00+341.77 m.

## Figura 22

*Válvula de aire en la línea de aducción progresiva 00+500*



### E. Red de distribución

La red de distribución es un sistema de red abierta, durante el recorrido y análisis de dicha red de distribución se verificaron que 4 del total de los puntos de salida se encontró con dificultad en las llaves, las cuales generan desperdicio de agua durante todo el día.

La red de distribución hay 1934.00 m de tubería PVC de 1" de diámetro, 270.00 m de tubería PVC de ¾" de diámetro, 1140.750 m de tubería PVC de ½".

Dentro de la red de distribución existen 3 válvulas de aire y 3 válvulas de purga en cajas de concreto, una cámara rompe presión con las dimensiones de 0.70m x 0.70 m x 0.80 m de altura; la misma que se encuentra en regular estado. Las válvulas de purga se encuentran ubicadas en la parte más baja de la línea de distribución y las válvulas de aire se encuentran ubicadas en las partes más altas de la línea de distribución, así como se detalla en la **tabla 05**.

**Tabla 6**

*Ubicación de válvulas de aire, purga y cámaras de rompe presión.*

DESCRIPCION	Coordenadas		Progresiva	Estado
	Este	Norte		
Válvulas de aire N° 02	757005.53	9261678.22	00+950.00	malo
Válvulas de aire N° 03	757131.18	9262143.08	1+635.00	bueno
Válvulas de aire N° 04	757292.91	9262309.6	1+920.00	bueno
Válvulas de Purga N° 01	757001.64	9261791.64	1+062.00	bueno
Válvulas de Purga N° 02	757256.43	9262173.91	1+770.00	malo
Válvulas de Purga N° 03	757294.15	9262290.34	1+902.00	bueno
Cámara rompe presion	757292.91	9262309.6	00+294.00	bueno

Fuente. Elaboración propia

**Figura 23**

*Válvula de purga N° 01 con fuga de agua.*



**Figura 24**

*Válvula de Aire N° 02 con fuga de agua.*



**Figura 25**

*Válvula de Aire N° 03 en buen estado.*



**Figura 26**

*Cámara rompe presión tipo 7 en la progresiva 00+294.00 m*



## 4.2. Topografía

El lugar de estudio se encuentra en la zona rural con un relieve de topografía irregular. La captación se encuentra ubicada en una altitud de 3617.00 m.s.n.m y coordenadas UTM 9261614.40 N, 757828.40 E y el sistema de distribución de agua potable donde se encuentra la población tiene una altitud más alta de 3608.278 msnm y una altitud más baja de 3405.234 msnm. La línea de conducción tiene topografía plana con una pendiente que oscila de 0.5 % a 6.32%, la línea de aducción y red de distribución tiene una topografía accidentada con pendientes de 0.36% a 16% y 37.43% a 50.34% respectivamente.

## 4.3. Evaluación del funcionamiento hidráulico del sistema de agua potable La totora

### 4.3.1. Captación

#### a. Caudal de captación

Mediante el aforo por el método volumétrico se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 7**

*Tiempos y Volumen de Aforo de Caudal de Captación*

I	VOLUMEN (Litros)	TIEMPO (seg)
1	10	21.83
2	10	21.83
3	10	21.66
4	10	21.76
5	10	21.97
6	10	21.77
7	10	22.22
8	10	21.91
9	10	21.22
10	10	20.93
<b>TOTAL</b>		<b>217.1</b>
		<b>21.71</b>
<b>TIEMPO PROMEDIO</b>		

Fuente. Elaboración propia

Volumen: 10 L

Tiempo promedio: 21.71 seg

$$Q = \frac{VOLUMEN (L)}{TIEMPO (S)} \quad \text{E. 01}$$

**Caudal (Q) = 0.461 L/s**

Luego de Procesar los datos nos resulta el caudal de la captación **0.461 l/s**, teniendo en cuenta que el aforo de la captación se realizó en el mes de febrero; mes considerado como lluvioso.

**b. Distancia entre el aforamiento y la Cámara húmeda**

Para encontrar la distancia entre el aforamiento y la cámara húmeda se calculó haciendo uso de las **ecuaciones 04** tomando una velocidad de 0.5 m/s, la **ecuación 05** asumiendo la altura de 0.35 m finalmente utilizamos la **ecuación 06** para encontrar dicha distancia. El procedimiento se detalla a continuación:

$$h_o = 1.56 \frac{(V_2)^2}{2g} \quad \mathbf{E. 04}$$

$$h_o = 1.56 \frac{(0.5)^2}{2*9.81} = 0.02 \text{ m}$$

$$H_f = H - h_o \quad \mathbf{E. 05}$$

$$H_f = 0.35 - 0.02 = 0.33 \text{ m}$$

$$L = H_f/0.30 \quad \mathbf{E. 06}$$

$$L = \frac{0.33}{0.30} = 1.10 \text{ m}$$

La distancia entre el aforamiento y la cámara húmeda calculado es de **1.10 m** y la que tenemos en campo es de **1.0 m**. se puede verificar que la distancia existente si cumple su función ya que la diferencia de distancias calculada y existente es mínima.

**c. Ancho de pantalla (b)**

Para encontrar el ancho de la pantalla se utilizó las ecuaciones 07, 08 y 09; con un coeficiente de descarga (cd) igual a 0.8 y una velocidad de 0.5 m/s. El procedimiento es el siguiente:

❖ Diámetro de la tubería (D)

$$A = \frac{\theta_{max}}{Cd \times V} \quad \text{E. 07}$$

$$A = \frac{0.461 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{0.8 \times 0.50 \text{ m/s}} = 1.15 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$D = \left[ \frac{4A}{\pi} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{E. 07}$$

$$D = \left[ \frac{4 \times 1.15 \times 10^{-3}}{3.14} \right]^{\frac{1}{2}} = 0.038 \text{ m} = 1 \frac{1}{2}''$$

❖ Numero de orificios (NA)

$$N_A = \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 + 1 \quad \text{E. 08}$$

$$N_A = \left( \frac{1 \frac{1}{2}''}{2''} \right)^2 + 1 = 1.56 \approx 2$$

Teniendo todos los valores encontrados procedemos a calcular el ancho de la pantalla.

$$b = 2(6D) + N_A(D) + 3D(N_A - 1) \quad \text{E. 09}$$

$$b = 2 \left( 6 \times 1 \frac{1}{2}'' \right) + 2 \left( 1 \frac{1}{2}'' \right) + 3 \times 1 \frac{1}{2}'' (1) = 25.5'' = 64.77 \text{ cm}$$

El ancho de pantalla que se ha calculado es menor al que se obtuvo en campo, por tal motivo se puede apreciar que el ancho de pantalla si cumple su función captando en su totalidad el caudal del manantial transportado por dos (02) tuberías de 1" cada una desde la captación hacia la cámara húmeda.

#### d. Altura total de la cámara húmeda de la captación (Ht)

La altura total de la cámara húmeda se calculó utilizando la **ecuación 10**; tomando una altura mínima de 10 cm, el diámetro de tubería que es de 3.81, altura de agua de 35 cm, borde libre de 30 cm y un desnivel de 5 cm.

$$H_t = A + B + H + D + E \quad \text{E. 10}$$

$$H_t = 10 + 3.81 + 3.5 + 5 \text{ cm} = 53.81 \text{ cm}$$

La altura total de la cámara húmeda calculada según diseño debe ser de 53.81 cm. pero el dato que se obtuvo en campo es de 0.80 m. por lo que se puede afirmar que dimensionamiento de la estructura existente es mayor a la requerida.

**e. Dimensiones de la canastilla**

La dimensión de la canastilla se calculó utilizando la **ecuación 11**.

$$D_{canastilla} = 2D_{conduccion} \quad \text{E. 11}$$

$$D_{canastilla} = 2 (1 \text{ ''}) = 2''$$

Se verifico en campo que las dos tuberías de conducción tienen un diámetro de 1” cada uno y no cuentan con canastillas.

**f. Tubería de rebose y de limpia**

La tubería de rebose y limpia se calculó utilizando la **ecuación 14**.con una pérdida de carga unitaria de 0.015m/m.

$$D = \frac{0.71 \theta^{0.38}}{h_f^{0.21}} \quad \text{E. 14}$$

$$D = \frac{0.71 (0.461 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})^{0.38}}{(0.015)^{0.21}} = 1''$$

La tubería de rebose y limpia cumple su función a cabalidad ya que el diámetro calculado según diseño es de 1”, la misma que se verifico en campo.

**4.3.2. Línea de Conducción**

Para calcular los diámetros mínimo y máximo de tubería PVC, se debe diseñar con el caudal aforado en la captación que es de 0.461 L/s y sus velocidades 3 m/s y 0.6m/s máximas y mínimas respectivamente; pudiendo alcanzar velocidades de 5 m/s si se justifica razonablemente. El diámetro de tubería se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt{\frac{4 \theta}{\pi V}} \quad \text{E. 17}$$

**Para diámetro mínimo tomaremos la velocidad máxima**

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \theta}{\pi V_{max}}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.000461}{3.14 (3)}} = \frac{1}{2}''$$

**Para diámetro máximos tomaremos las velocidades mínimas.**

$$D_{max} = \sqrt{\frac{4 \theta}{\pi V_{min}}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.000461}{3.14 \times 0.6}} = 1 \frac{1}{2}''$$

Según los cálculos, los diámetros mínimo y máximo son ½” y 1 ½” respectivamente.

La línea de conducción existente cuenta con 2 tuberías de D= 1” de material PVC C-10. Ambas tuberías inician su recorrido desde la captación hasta el reservorio.

Teniendo en cuenta el caudal de aforo en la captación (0.461 l/s), se procede a calcular la velocidad real en la línea de conducción mediante la ecuación de continuidad.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} = \frac{4 * 0.000461}{3.14 * 0.0254^2} = 0.91 \text{ m/s}$$

La velocidad con la que está trabajando la tubería de la línea de conducción, es de 0.91 m/s en ambas líneas de conducción, valor que está dentro del rango de velocidades permisibles para tuberías de PVC.

### **4.3.3. Reservorio**

#### **4.3.3.1. Dotación**

Al no existir micro medidores de agua en cada instalación domiciliaria, que nos permite conocer la cantidad de agua diaria que consume la población; por tal motivo se ha procedido a realizar la medida de alturas hasta el nivel de rebose y calcular el volumen de agua consumidas cada hora en el reservorio circular.

La toma de alturas para saber el volumen de agua consumida por hora se realizó durante un mes con días intercalados (dejando un día) de 6: 00 am a 8:00 pm (14 horas diarias). Los resultados de registro de alturas y cálculo de volúmenes consumidas por hora se muestran en los **anexos 2, 3, 4 y 5.**

**Tabla 8**

*Registro y cálculo de volumen en L/h*

PRIMERA SEMANA									
FECHA	01/05/2023		03/05/2023		05/05/2023		07/05/2023		
DIA HORARIO	Lunes		Miércoles		Viernes		Domingo		
	h (m)	$V = \pi r^2 h$	h (m)	$V = \pi r^2 h$	h (m)	$V = \pi r^2 h$	h (m)	$V = \pi r^2 h$	
6:00 - 7:00	0.08	303.95	0.1	379.94	0.09	341.95	0.06	227.96	
7:00 - 8:00	0.06	227.96	0.08	303.95	0.07	265.96	0.05	189.97	
								:	
19:00 - 20:00	0.05	189.97	0.04	151.98	0.06	227.96	0.05	189.97	

Fuente. Elaboración propia

Para determinar el volumen (V) se ha multiplicado el área del reservorio circular por la altura (h) en metros. Así mismo multiplicar por 1000 para obtener el volumen en litros por hora. En el **anexo 6 y 7** se observa el resumen del volumen consumido por hora.

**Tabla 9**

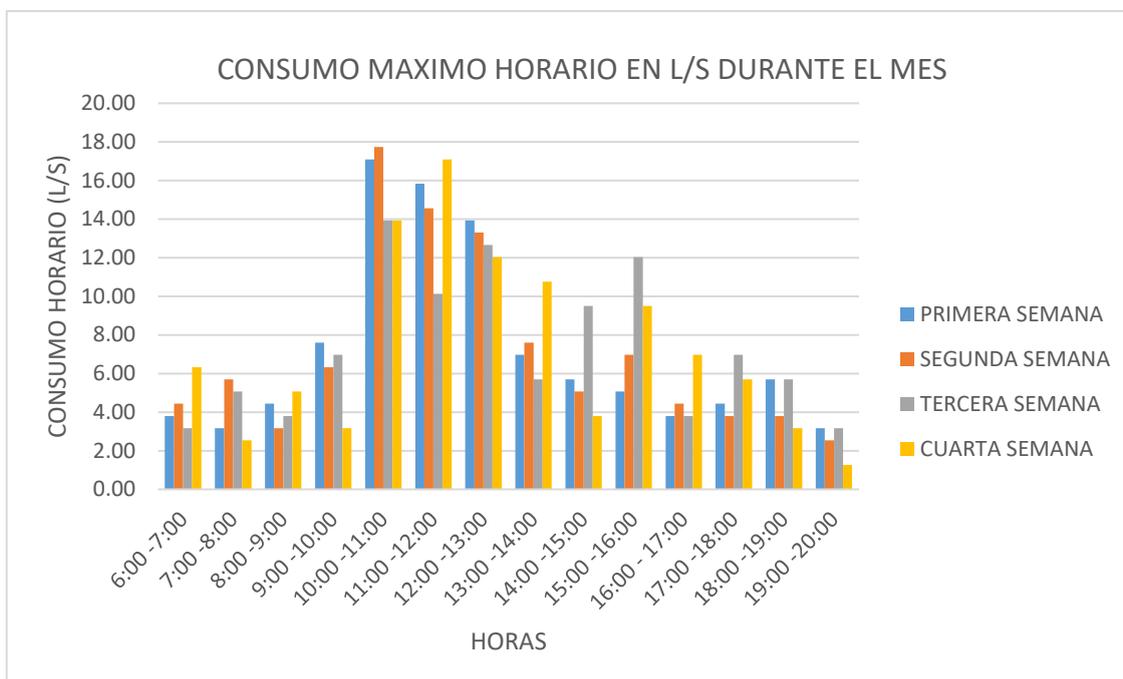
*Día del máximo consumo de la primera, segunda, tercera y cuarta semana.*

DIA DEL MÁXIMO CONSUMO DURANTE EL MES								
SEMANAS	PRIMERA SEMANA		SEGUNDA SEMANA		TERCERA SEMANA		CUARTA SEMANA	
DIA HORARIO	Domingo		Sábado		Domingo		Sábado	
	V (L/H)	V (L/S)	V (L/H)	V (L/S)	V (L/H)	V (L/S)	V (L/H)	V (L/S)
6:00 -7:00	227.964	3.80	265.958	4.43	189.97	3.17	379.94	6.33
7:00 -8:00	189.97	3.17	341.946	5.70	303.952	5.07	151.976	2.53
8:00 -9:00	265.958	4.43	189.97	3.17	227.964	3.80	303.952	5.07
9:00 -10:00	455.928	7.60	379.94	6.33	417.934	6.97	189.97	3.17
10:00 -11:00	1025.838	17.10	1063.832	17.73	835.868	13.93	835.868	13.93
11:00 -12:00	949.85	15.83	873.862	14.56	607.904	10.13	1025.838	17.10
12:00 -13:00	835.868	13.93	797.874	13.30	759.88	12.66	721.886	12.03
13:00 -14:00	417.934	6.97	455.928	7.60	341.946	5.70	645.898	10.76
14:00 -15:00	341.946	5.70	303.952	5.07	569.91	9.50	227.964	3.80
15:00 -16:00	303.952	5.07	417.934	6.97	721.886	12.03	569.91	9.50
16:00 - 17:00	227.964	3.80	265.958	4.43	227.964	3.80	417.934	6.97
17:00 -18:00	265.958	4.43	227.964	3.80	417.934	6.97	341.946	5.70
18:00 -19:00	341.946	5.70	227.964	3.80	341.946	5.70	189.97	3.17
19:00 -20:00	189.97	3.17	151.976	2.53	189.97	3.17	75.988	1.27
<b>consumo diario (L)</b>	<b>100.68</b>	.....	<b>99.42</b>	.....	<b>102.58</b>	.....	<b>101.32</b>	.....
<b>Cons. Max horario (L)</b>	<b>17.10</b>	.....	<b>17.73</b>	.....	<b>13.93</b>	.....	<b>17.10</b>	.....

Fuente. Elaboración propia

**Figura 27**

*Consumo máximo horario durante el mes*



**Fuente:** Elaboración propia

En la **tabla 9** se aprecia que el consumo máximo diario es de 102.58 l/s presentado en el día domingos; mientras que los consumos máximo horario es 17.73 l/s el mismo que se presenta en el día sábado como se puede observar en la figura 27.

#### 4.3.3.2. Cálculo de las variaciones periódicas

En los **anexos 02, 03, 04 y 05** se muestran los resultados y en los **anexos 06 y 07** se muestran el resumen de los resultados. Posteriormente se ordena los datos, así como se muestra a continuación.

**Tabla 10**

*Registro de mediciones de consumo diario (Litros), en un mes.*

CONSUMO SEMANAL EN LITROS							
SEMANA \ DIA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	5167.184	....	5129.19	....	5281.166	....	6041.046
2	....	5053.20	....	4939.22	....	5965.06	....
3	5205.178	....	4901.226	....	5243.172	....	6155.028
4	....	5015.21	....	5167.18	....	6079.04	....
5	5395.148	....	4977.214	....	....	....	....

Fuente. Elaboración propia

**a. Consumo Promedio Diario Anual (Qp)**

**Tabla 11**

*Consumo promedio diario Anual.*

CONSUMO SEMANAL EN LITROS							
DIA SEMANA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	5167.184	....	5129.19	....	5281.166	....	6041.046
2	....	5053.20	....	4939.22	....	5965.06	....
3	5205.178	....	4901.226	....	5243.172	....	6155.028
4	....	5015.21	....	5167.18	....	6079.04	....
5	5395.148	....	4977.214	....	....	....	....
<b>Promedio por día</b>	<b>5255.84</b>	<b>5034.21</b>	<b>5002.54</b>	<b>5053.20</b>	<b>5262.17</b>	<b>6022.05</b>	<b>6098.04</b>
<b>Promedio diario</b>				<b>5389.72</b>	<b>Litros /día</b>		
<b>Promedio diario Anual</b>				<b>0.06</b>	<b>Litros/segundo</b>		
<b>POBLACIÓN</b>				<b>77.00</b>	<b>Habitantes</b>		

Fuente. Elaboración propia

Los datos de la presente tabla representan los volúmenes máximos consumidos de cada semana tomados durante un mes, los días que carecen de datos es por la similitud de datos registrados y el tiempo corto de estudio.

Considerando la ecuación 22, calculamos la dotación real.

$$Q_p = \text{Dotacion} \left( \frac{L}{\text{hab}} \cdot \text{dia} \right) * \text{Poblacion}(\text{hab}) \text{ (l/d)}$$

$$\text{Dotacion} = \frac{5389.72 \text{ l/dia}}{88 \text{ hab}} = 62 \frac{L}{\text{hab}} \cdot \text{dia}$$

La dotación que establece el MVCS para estudios ubicados en la sierra está entre los valores de 50 y 80 l/hab.día sin arrastre y con arrastre hidráulico respectivamente. Por lo tanto, la dotación real está entre los valores reglamentarios considerando una dotación óptima para cada habitante.

## b. Consumo Máximo Diario (Qmd)

**Tabla 12**

*Cálculo del consumo máximo diario en litros, durante un mes.*

CONSUMO SEMANAL EN LITROS							
DIA SEMANA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	5167.184	...	5129.19	...	5281.166	...	6041.046
2	...	5053.20	...	4939.22	...	5965.06	...
3	5205.178	...	4901.226	...	5243.172	...	6155.028
4	...	5015.21	...	5167.18	...	6079.04	...
5	5395.148	...	4977.214	...	...	...	...
<b>Max.diario</b>	<b>5395.15</b>	<b>5053.20</b>	<b>5129.19</b>	<b>5167.18</b>	<b>5281.17</b>	<b>6079.04</b>	<b>6155.03</b>
<b>Consumo máximo diario (Qmd)</b>				<b>6155.03</b>	<b>Litros /día</b>		
				<b>0.07</b>	<b>Litros/segundo</b>		

Fuente. Elaboración propia

Teniendo el consumo máximo diario y consumo promedio diario anual, procedemos a encontrar el valor del coeficiente de variación de consumo diario (K1) con la **ecuación 23**.

$$Q_{md} = K_1 * Q_p$$

$$K_1 = \frac{Q_{md}}{Q_p} = \frac{0.07 \text{ l/seg}}{0.06 \text{ l/seg}} = 1.16$$

El coeficiente de variación de consumo diario real calculado(K1), es de 1.16; cuyo valor se encuentra por debajo del valor recomendado según el RNE. Lo que significa que la variación de consumo de agua de un día a otro es similar.

## c. Consumo Máximo Horario (Qmh)

Los resultados del Consumo Máximo Horario (Qmh) se detallan a continuación:

**Tabla 13***Cálculo del consumo máximo horario en litros, durante un mes.*

CONSUMO SEMANAL EN LITROS							
SEMANA \ DIA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	683.892	....	835.868	....	759.88	....	1025.838
2	....	721.89	....	759.88	....	1063.83	....
3	759.88	....	797.874	....	873.862	....	835.868
4	....	873.86	....	835.87	....	1025.84	....
5	645.898	....	873.862	....	....	....	....
<b>Max. horario</b>	<b>759.88</b>	<b>873.86</b>	<b>873.86</b>	<b>835.87</b>	<b>873.86</b>	<b>1063.83</b>	<b>1025.84</b>
<b>Consumo máximo horario (Qmh)</b>				<b>1063.83</b>	<b>Litros /hora</b>		
				<b>0.30</b>	<b>Litros/segundo</b>		

Fuente. Elaboración propia

Teniendo el consumo máximo horario y consumo promedio diario anual, procedemos a encontrar el valor del coeficiente de variación de consumo horario (K<sub>2</sub>) con la **ecuación 24**.

$$Q_{mh} = K_2 * Q_p$$

$$K_2 = \frac{Q_{mh}}{Q_p} = \frac{0.30 \text{ l/seg}}{0.06 \text{ l/seg}} = 4.74$$

El coeficiente de variación de consumo horario real calculado (K<sub>2</sub>), es de 4.74; cuyo valor es mucho mayor a lo que recomienda el MVCS (recomienda 2.0). Esto se debe a la carencia de datos tomados en campo; para obtener resultados más verídicos y cercanos a lo que recomienda el RNE se debe tomar los datos más frecuentes y minuciosos.

A continuación, presentaremos una tabla con el resumen de los cálculos reales obtenidos.

**Tabla 14***Resultados de Consumos reales obtenidos.*

<b>Consumo Promedio Diario Anual</b>	<b>Qp</b>	<b>5389.72</b>	<b>l/día</b>
<b>Consumo Máximo Diario</b>	<b>Qmd</b>	<b>6155.03</b>	<b>l/día</b>
<b>Consumo Máximo Horario</b>	<b>Qmh</b>	<b>1063.83</b>	<b>l/día</b>

Fuente. Elaboración propia

#### 4.3.3. Volumen de almacenamiento

El volumen del reservorio para aguas potables por gravedad en zonas rurales el ministerio de salud recomienda de 25% al 30% del consumo promedio diario anual ( $Q_p$ ).

$$V = 0.25 * Q_p = 0.25 * 5389.72 = 1400 \text{ litros}$$

Según el consumo, el volumen calculado para el reservorio es de 1400 litros, pero en campo se verifico que cuenta con un tanque de polietileno (HDPE) de capacidad de 10 mil litros con mucho mayor capacidad de almacenamiento, por lo cual no presentará problemas de abastecimiento.

#### 4.3.4. Línea de Aducción

Para calcular el diámetro mínimo y máximo se debe tener en cuenta las consideraciones que nos dan en la norma de (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018) velocidad mínima ( $V_{min} = 0.6 \text{ m/s}$ ) y velocidad máxima admisible ( $V_{max} = 3.0 \text{ m/s}$ ), pudiendo alcanzar velocidades de ( $5 \text{ m/s}$ ) si se justifica razonablemente.

**Para diámetro mínimo tomaremos la velocidad máxima**

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \theta mh}{\pi V_{max}}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.000296}{3.14 (3)}} = 0.4'' \approx \frac{1}{2}''$$

**Para diámetro máximo tomaremos la velocidad mínima**

$$D_{max} = \sqrt{\frac{4 \theta mh}{\pi V_{min}}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.000296}{3.14 (0.6)}} = 0.99'' \approx 1''$$

El diámetro de la tubería calculado está entre los rangos de  $\frac{1}{2}''$  a  $1''$ , pero según la norma (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018) el diámetro mínimo para la línea de succión no debe ser menor que  $1''$ . El sistema cuenta con una línea de succión de diámetro de  $1''$  la cual cumple con los parámetros de diseño y tendrá una eficiencia aceptable.

#### 4.3.5. Red de distribución

Con ayuda de un manómetro Se procedió a realizar las mediciones de presiones de cada una de las conexiones domiciliarias, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 15**

*Registro de Presiones dinámicas en red de distribución (viviendas) en horario de máximo consumo.*

REPORTE DE TUBERÍAS			
PUNTO	Elevación (m)	Presión en (BAR)	Presión (MCA)
1	3607.28	0.5	5.1
2	3605.73	0.7	7.14
3	3596.98	5	51
4	3560.15	5.5	56.1
5	3556.34	5.5	56.1
6	3556.13	9.6	97.92
7	3552.15	2.4	24.48
8	3551.62	0.5	5.1
9	3405.23	8.4	85.68
10	3487.9	2.4	24.48
11	3508.39	0.5	5.1
12	3524.63	8.6	87.72
13	3600.21	1.2	12.24
14	3587.32	2.5	25.5
15	3610.81	0.2	2.04
16	3610.4	0.2	2.04
17	3608.18	0.5	5.1
18	3610	0.3	3.06
19	3590	2.2	22.44
20	3592	2	20.4
21	3597.1	1.5	15.3
22	3595.14	1.7	17.34

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 15, se puede observar que la hay presiones menores y mayores de acuerdo a los rangos establecido en MVCS 2018. En las conexiones domiciliarias encontramos una presión mínima de 2.04 mca y una presión máxima de 97.92 mca.

Según lo que establece el MVSC 2018, las presiones en la red de distribución no deben ser menores que 5 mca ni mayores que 60 mca; según los resultados en 6 viviendas que representan el 27.27% tienen presiones superiores e inferiores a lo establecido en el MVCS 2018 y 16 viviendas que representa el 72.73% están dentro del rango.

Teniendo el diámetro de la tubería, las cotas y elevaciones de la red de distribución se realiza el modelamiento hidráulico mediante el software WaterCAD, obteniendo las velocidades y presiones en la red de distribución, y se muestra a continuación:

**Tabla 16***Reporte de presiones en nodos de red de distribución.*

REPORTE DE TUBERÍAS			
Nodo	Elevación (m)	Gradiente hidráulica (m)	Presión (mca)
CD-21	3,597.07	3,601.30	4.23
C-21	3,597.10	3,601.04	3.94
CD-16	3,610.41	3,611.97	1.56
C-16	3,610.40	3,611.78	1.38
CD-17	3,608.24	3,611.80	3.55
C-17	3,608.18	3,611.60	3.41
CD-07	3,556.00	3,560.16	4.16
C-07	3,552.15	3,559.95	7.79
CD-06	3,556.25	3,570.00	13.73
C-06	3,556.13	3,569.79	13.63
CD-15	3,610.78	3,612.28	1.5
C-15	3,610.81	3,612.04	1.22
CD-18	3,597.93	3,611.66	13.7
C-18	3,610.00	3,611.43	1.43
CD-01	3,608.00	3,613.01	5
C-01	3,608.00	3,612.65	4.65
C-02	3,605.73	3,612.45	6.71
CD-02	3,607.28	3,612.79	5.49
J-19	3,603.36	3,610.79	7.41
J-20	3,608.17	3,612.75	4.57
C-03	3,596.98	3,606.53	9.53
CD-03	3,599.37	3,606.76	7.38
CD-10	3,509.76	3,511.37	1.6
C-10	3,508.39	3,511.01	2.62
CD-09	3,524.65	3,598.01	73.21
C-09	3,524.63	3,597.66	72.88
CD-19	3,597.41	3,611.31	13.87
C-19	3,590.00	3,610.92	20.88
C-04	3,560.15	3,593.60	33.38
CD-20	3,596.27	3,603.45	7.17
C-20	3,592.00	3,603.06	11.03
CD-11	3,490.55	3,506.92	16.33
C-11	3,487.90	3,506.52	18.58
CD-04	3,560.66	3,593.97	33.24
CD-05	3,558.39	3,586.60	28.15
CD-13	3,610.02	3,612.49	2.47
C-13	3,600.21	3,611.94	11.7
C-05	3,556.34	3,585.40	29
CD-14	3,612.00	3,612.35	0.35

REPORTE DE TUBERÍAS			
Nodo	Elevación (m)	Gradiente hidráulica (m)	Presión (mca)
C-14	3,587.32	3,610.55	23.18
C-08	3,551.62	3,558.13	6.49
C-22	3,595.14	3,600.31	5.16
C-12	3,405.23	3,501.00	95.58
VÁLVULA DE AIRE 01	3,611.29	3,613.08	1.79
VÁLVULA AIRE 02	3,610.50	3,612.20	1.7

*Fuente.* Reporte del software waterCAD.

Según el modelamiento hidráulico estático, encontramos presiones en los nodos que no superan los valores mínimos de 5 mca del mismo modo hay presiones que sobrepasan los valores máximos que es de 60 mca según establece MVCS 2018.

**Tabla 17**

*Reporte de velocidades en tuberías en red de distribución.*

REPORTE DE TUBERÍAS				
Nodo inicial	Nodo final	Longitud (m)	Diámetro (in)	Velocidad (m/s)
CD-21	C-21	14.25	0.5	0.3831
CD-16	C-16	10.44	0.5	0.3831
CD-17	C-17	10.99	0.5	0.3831
CD-07	C-07	11.7	0.5	0.3831
CD-06	C-06	11.61	0.5	0.3831
CD-15	C-15	13.72	0.5	0.3831
CD-18	C-18	12.48	0.5	0.3831
CD-01	C-01	19.34	0.5	0.3831
C-02	CD-02	18.69	0.5	0.3831
J-19	J-20	5	0.75	2.1551
C-03	CD-03	13.1	0.5	0.3831
C.R. PRESIÓN	CD-10	10.06	0.5	1.1494
CD-10	C-10	19.71	0.5	0.3831
CD-09	C-09	19.23	0.5	0.3831
CD-19	C-19	21.41	0.5	0.3831
CD-20	C-20	21.74	0.5	0.3831
CD-11	C-11	21.8	0.5	0.3831
CD-04	CD-05	25.33	0.5	1.5325
J-19	CD-03	28.53	0.5	1.2931
CD-13	C-13	30.65	0.5	0.3831
CD-09	C.R. PRESIÓN	62.68	0.75	0.6465
CD-05	C-05	65.84	0.5	0.3831
CD-14	CD-15	93.13	1	0.1916

REPORTE DE TUBERÍAS				
Nodo inicial	Nodo final	Longitud (m)	Diámetro (in)	Velocidad (m/s)
CD-14	C-14	99.25	0.5	0.3831
CD-05	CD-06	101.35	0.5	1.1494
CD-02	J-20	117.19	5	0.1724
CD-07	C-08	112.07	0.5	0.3831
CD-06	CD-07	135.17	0.5	0.7663
CD-03	CD-04	130.44	0.5	1.0775
CD-13	CD-14	157.59	1	0.2155
CD-18	CD-19	221.91	1	0.2155
CD-19	CD-20	222.6	1	0.6465
CD-21	C-22	253.54	1	0.2155
CD-01	CD-02	206.06	1	0.2829
J-19	CD-09	203.67	0.75	0.862
J-20	CD-13	230.66	1	0.2395
CD-04	C-04	20.44	0.5	0.3831
CD-10	CD-11	61.14	0.5	0.7663
CD-11	C-12	325.27	0.5	0.3831
CD-16	CD-17	48.48	1	0.3233
CD-17	CD-18	60.07	1	0.2694
RESERVORIO	VÁLVULA AIRE 01	327.21	1	0.1896
VÁLVULA AIRE 01	CD-01	216.73	1	0.1896
CD-15	VÁLVULA AIRE 02	146.01	1	0.1676
VÁLVULA AIRE 02	CD-16	48.51	1	0.3771
CD-20	AV-3	75.51	1	0.431
AV-3	CD-21	61.48	1	0.431

*Fuente.* Reporte del software waterCAD.

Según el MVCS 2018 establece que las velocidades en las redes de distribución deben ser no menores que 0.6 m/s y en ningún caso deben ser menores que 0.3 m/s ni superiores a 3 m/s, para garantizar un buen funcionamiento del sistema; sin embargo, el reporte de velocidades según el modelamiento hidráulico estático el 12.76% no llega a las velocidades mínimas recomendadas por el MVCS 2018.

#### **4.4. Evaluación de la operación y mantenimiento del sistema de agua potable La Totorá.**

Los encargados de realizar las actividades de operación y mantenimiento del sistema de agua potable La Totorá, son personas que conforman el comité administrativo de agua, que son elegidos democráticamente cada dos años o cualquier usuario que disponga de su tiempo el día programado para tales actividades y que tenga conocimiento sobre las operaciones de mantenimiento en las estructuras que conforman el sistema de

agua; normalmente la operación y el mantenimiento están presididas por 6 usuarios (Presidente, vicepresidente, tesorero, secretario y dos vocales). Que son los encargados de convocar, dirigir y llevar a cabo las actividades de operación y mantenimiento.

Después de la construcción del sistema de agua, no se realizó ninguna inversión para el mantenimiento del mismo, sin embargo, los usuarios hacen un mantenimiento de acuerdo a sus posibilidades una vez al año a través de faenas de usuarios, además hacen colaboraciones de 5 soles mensual por usuarios para la compra de los insumos de reparación y gastos de operación, para así tener al sistema en un estado de funcionamiento lo más óptimo posible. En conclusión, se verifico que no existe un plan de mantenimiento periódico para brindar de manera satisfactoria el servicio de agua a los beneficiarios.

#### **4.5. situación de la junta directiva y la gestión administrativa.**

La administración del sistema de agua potable La totora, está reconocida como junta administrativa de agua potable La Titora. Esta organización tiene a su cargo la operación y el mantenimiento de los servicios de agua potable.

El presidente de la junta directiva, manifiesta que existe desunión en los usuarios del sistema de agua por una parte está la problemática de la cuota mensual que algunos usuarios no alcanzan a pagar su cuota y existe descontento por las partes que hacen sus pagos oportunamente, y por otro lado está la falta de compromiso de algunos usuarios al no participar en las actividades de limpieza y mantenimiento en el sistema de agua.

Según la encuesta aplicada a los usuarios, el 40.90% manifiesta que la junta directiva de agua está administrando de manera óptima el sistema de agua, el 22.73% califica como regular la administración del agua por parte de la junta directiva y el 36.37% afirma que la junta directiva está llevando una mala administración de los servicios de agua potable.

#### **4.6. Contrastación de la hipótesis.**

De los resultados obtenidos en la evaluación del sistema de agua potable La Titora, podemos decir que se aprueba la hipótesis planteada; dado que el sistema no satisface a los usuarios con el adecuado suministro de agua potable; esto debido a que el 27.27% de las conexiones abastecidas por el sistema no cumple con las presiones mínimas y máximas estipuladas en la norma OS.050, generando que en las conexiones donde las presiones son

mayores a 60 mca los grifos son averiados por la alta presión, afectando el suministro del agua a las conexiones que sus presiones están por debajo de los 5 mca. Además de la evaluación hecha al sistema no se encontró tuberías rotas, pero si se constato que hay conexiones domiciliarias averiadas donde la fuga del agua es constante; también cabe resaltar que la mala administración del sistema de agua es evidente, tanto por la evaluación hecha al sistema y por el testimonio de los usuarios, pues se constató que no existe políticas dentro de la organización que asegure un buen mantenimiento del sistema generando que el 59.10% de los usuarios no este satisfecha con el servicio brindado. En cuanto a la estructura hidráulica se encontró que solamente en las válvulas de aire y purga existe un grado de deterioro que evidencia el cumplimiento de su vida útil, esto debido a la mala operación que se le ha dado y la falta de mantenimiento a todo el sistema de agua potable.

## **CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

- De la evaluación hidráulica hecha al sistema de agua potable La Totora, se concluye que es deficiente en su funcionalidad, se verifico que las deficiencias más notorias existen en la red de distribución dado que algunos tramos tienen velocidades y presiones mayores y menores al máximo y mínimo permisible en la norma técnica OS.050 del reglamento nacional de edificaciones.
- De la evaluación hecha al sistema de agua potable para ver su estado actual de funcionalidad, se concluye que: la captación se encuentra en un buen estado de conservación, su funcionamiento es óptimo a pesar de no tener el mantenimiento adecuado; la línea de conducción se encuentra en buen estado; el reservorio se encuentra en regular estado dado que se constató que no se le hace la operación y mantenimiento correcto; la línea de aducción se encuentra en buen estado; la red de distribución el 18.18% de las conexiones domiciliarias presenta fugas y el 81.82% se encuentran en buen estado, y en sus estructuras complementarias el 28.57% presentan fugas y el 71.43% se encuentran en buen estado.
- De la evaluación a la operación y mantenimiento del sistema se concluye que la operación de la infraestructura hidráulica del sistema no es la adecuada, dado que no existe personal capacitado y con conocimiento para tal actividad y es realizada por cualquier beneficiario del agua potable La Totora, además que dentro de las políticas de la junta administrativa no existe un plan de mantenimiento periódico a la infraestructura hidráulica.
- Se analizó la gestión administrativa, donde el número de usuarios es de 22, aun se maneja mediante una junta administrativa, reconocida como Comité de agua potable La Totora que tiene a cargo la administración del agua potable, según la encuesta aplicada a los usuarios el 40.90% aprueba la gestión de la junta administraba, el 22.73% manifiesta que hay una regular administración del agua y el 36.37 desaprueba la gestión de la junta directiva.
- De la evaluación topográfica hecha al sistema de agua potable se concluye que el diseño de la red de agua potable no está de acorde a la topografía de la zona estudiada debido

a la pendientes bajas y pendientes elevadas; esto implicaría tener que proyectar más elementos para el sistema, tales como: cámara rompe presión, válvulas de aire y válvulas de purga; para que con ayuda de estas podamos regular las velocidades y presiones del sistema de agua potable y para poder dar un abastecimiento eficiente de agua potable a los beneficiarios

## **5.2. Recomendaciones**

- Para las investigaciones futuras relacionado con la evaluación de un sistema de agua potable se recomienda hacer evaluación de la percepción de los usuarios realizando encuestas o entrevistas a los usuarios del sistema de agua potable para evaluar su satisfacción con el servicio, la accesibilidad, y la percepción de la calidad del agua.
- Se recomienda hacer investigaciones sobre análisis de la demanda actual de agua potable y realiza proyecciones futuras para determinar si el sistema está dimensionado adecuadamente para satisfacer las necesidades de la población.
- A los futuros tesis que hagan investigación sobre los sistemas de agua potable, se les recomienda solicitar el apoyo tanto de la municipalidad como de la junta directiva y beneficiarios del sistema, esto para hacer un trabajo coordinado y eficiente.
- Se recomienda la construcción de cerco perimétrico en la captación, reservorio y cámaras rompe presión; con la finalidad de proteger la infraestructura y evitar manipulación en las llaves de personas ajenas a dicho proyecto; así mismo se recomienda instalar las canastillas faltantes en la captación.
- En la red de distribución se recomienda construir dos cámaras rompe presión tipo 7 en el ramal 01 y en el ramal 2 en las progresivas 0+250 y 0+500 respectivamente para disminuir la presión y alcanzar el rango establecido por el MVCS 2018; al mismo tiempo se recomienda que en el ramal principal en la progresiva 0+ 800.00 se modifique el trazo topográfico para disminuir la pérdida de carga del sistema.
- Se recomienda a la junta directiva del sistema de agua potable La Totorá, solicitar asistencia técnica al área de ATM y UGM, de la municipalidad distrital de Chugur, para elaborar un plan de operación y mantenimiento del sistema de agua potable, que comprenda además la capacitación del operador del sistema para mejorar la prestación de servicio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguero Pittman, R. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales*. Lima, Perú: Asociación Servicios Educativos Rurales.
- Asqui Aguayo, D. P., & Recalde Cortez, K. D. (2022). *Evaluación del sistema de conducción de agua cruda de la Regional "Santa Gertrudis" y sistema de tratamiento y distribución de agua potable de la Comunidad Chaupiloma*. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Quito, Ecuador: Repositorio Institucional UCE. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/25770/1/UCE-FING-CIC-ASQUI%20DIEGO-RECALDE%20KAREN.pdf>
- Bardales Valdez, Y. A. (2022). *Evaluación del sistema de agua potable de la localidad de Jesús – Cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería. Cajamarca: Repositorio Institucional UNC. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4699>
- Bonito Betancourt, V. V., & Cevallos Arias, A. E. (2022). *Evaluación del sistema de abastecimiento de Agua Potable en la parroquia San Gregorio cantón Muisne provincia de Esmeraldas*. Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Formación de Tecnólogos. Quito, Ecuador : Repositorio Digital - EPN. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/22044/1/CD%2011537.pdf>
- Gonzales Rios, A. A. (2019). *Evaluación de la línea de conducción de la red de agua potable de la ciudad de Jaén*. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería. Jaén, Perú: Repositorio Institucional UNC. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2922>
- Guevara Goya, M. A. (2022). *Mejora del diseño de redes de distribución de agua potable en un centro poblado en la región Junín*. Universidad Peruana del Centro, Facultad de Ingeniería. Huancayo, Perú: Repositorio Institucional UPECEN. Obtenido de <https://repositorio.upecen.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14127/331/TESIS%20-%20GUEVARA%20GOYA%20MIGUEL.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Hidalgo Larran, L. (2019). *Mejoramiento de la cámara de captación, línea de conducción y reservorio de almacenamiento del sistema de abastecimiento de agua potable del*

- caserío de Vista Alegre, distrito de Coris, provincia de Aija, región Ancash – 2017.* Universada Católica Los Angeles Chimbote, Facultad de Ingeniería. Chimbote, Perú: Repositorio Institucional ULADECH. Obtenido de <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/15443>
- Lazaro Bovis, Y. J. (2019). *Evaluacion del sistema de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Marankiari, Satipo-2019.* Universidad Católica los Ángeles de Chimbote, Facultad de Ingeniería. Satipo, Perú: Repositorio Institucional ULADECH. Obtenido de [http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/21006/EVALUACION%20N\\_SISTEMA\\_AGUA\\_POTABLE\\_%20LAZARO\\_BOVIS\\_YOVER\\_JOSE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/21006/EVALUACION%20N_SISTEMA_AGUA_POTABLE_%20LAZARO_BOVIS_YOVER_JOSE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma OS.010. Captación y conducción de agua para consumo Humano.* Lima, Perú: Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2365641/17%20OS.010%20CAPTACION%20Y%20CONDUCCION%20DE%20AGUA%20PARA%20CONSUMO%20HUMANO.pdf?v=1636052606>
- OXAM. (2016). *Entre 7 y 8 millones de peruanos no tienen acceso a agua potable.* Obtenido de <https://peru.oxfam.org/qu%C3%A9-hacemos-ayuda-humanitaria/entre-7-y-8-millones-de-peruanos-no-tienen-acceso-agua-potable>
- Rodriguez Pariona, J. P. (2022). *Evaluación y Propuesta del Sistema de Agua Potable Post Ejecución de la Localidad de Huahuya Alizana, San Ignacio – Cajamarca.* Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería. Huancayo, Perú: Repositorio Institucional UPLA. Obtenido de <http://www.repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/4904>
- Romero Nina, Y. S. (2021). Evaluación y rediseño de sistemas de abastecimiento de agua potable. *Revista Boliviana de Ingeniería*, 3(1), 28 – 40.
- Ruales Navarrete, D. A., & Santoro Novillo, S. E. (2023). *Evaluación, diagnóstico y formulación de alternativas de optimización del Sistema de Agua Potable de la comunidad “El Capuli”, ubicada en la parroquia San José, cantón Montúfar, provincia del Carchi.* Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería y Ciencias

Aplicadas. Quito, Ecuador: Repositorio Institucional UCE. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/29486>

Santanilla Calderon, C. F. (2019). *Evaluación del sistema de distribución de agua potable del cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan) provincia del Guayas*. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Guayaquil, Ecuador: Repositorio Institucional UG. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/44532/1/BMAT-GENE%20303-2019-Ing.%20CIVIL-%20SANTILLANA%20CALDERON%20CRISTIAN%20FABIAN.pdf>

Santi Morales, L. L. (2016). *Sistema de abastecimiento de agua potable en el centro poblado Tutín - El Cenepa - Condorcanqui - Amazonas*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola. Lima, Perú: Repositorio Institucional UNALM. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2234>

United States Agency for International Development (USAID). (2016). *Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable por gravedad*. Tegucigalpa, Honduras: RILMAC Impresores. Obtenido de [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/USAID%202016.%20Manual%20operaci%C3%B3n%20y%20mantenimiento%20de%20agua%20por%20gravedad..pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/USAID%202016.%20Manual%20operaci%C3%B3n%20y%20mantenimiento%20de%20agua%20por%20gravedad..pdf)

Valdez Espinoza, B. E. (2022). *Evaluación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable del Centro Poblado de Acuzazu, Provincia de Oxapampa*. Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería. Huancayo, Perú: Repositorio Institucional UPLA. Obtenido de [http://www.repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/4944/T037\\_42748161\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/4944/T037_42748161_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vargas Vásquez, L. D. (2020). *Diseño de redes de agua potable y alcantarillado de la comunidad campesina La Ensenada de Collanac distrito de Pachacamac mediante el uso de los programas Watercad y Sewercad*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Lima, Perú: Repositorio Institucional PUCP. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/17207>

Vidal Valverde, M. G. (2019). *Evaluación del comportamiento hidráulico de redes de*

*abastecimiento de agua potable por métodos convencionales en la ciudad de Piscobamba, Ancash-2019*. Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Lima, Perú: Repositorio Institucional UCV. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/49593>

Baena Paz, G. (2017). Metodología de la Investigación Serie integral por competencias. (J. E. Callejas, Ed.) México: Grupo Editorial Patria®. doi:<http://ebookcentral.proquest.com>. Obtenido de [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf)

Ñaupas Paitán, H., Mejía Mejía, E., Novoa Ramírez, E., & Villagómez Paucar, A. (2014). Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis. Obtenido de <https://fdiazca.files.wordpress.com/2020/06/046.-mastertesis-metodologicc81a-de-la-investigacioc81n-cuantitativa-cualitativa-y-redaccioc81n-de-la-tesis-4ed-humberto-ncc83aupas-paitacc81n-2014.pdf>

# **ANEXOS**

## Anexo 01: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE DEPEND.	VARIABLES INDEP.	INDICADORES	FUENTE	TÉCNICA E INSTRUMENTO
¿Cuál es el estado actual de funcionalidad del sistema agua potable La Totorá, en el distrito de Chugur - Hualgayoc - Cajamarca?	<p><b>Objetivo general:</b> Evaluar el sistema de agua potable de La Totorá en el distrito de Chugur - Hualgayoc - Cajamarca.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar el estado de la infraestructura hidráulica</li> <li>• Evaluar la operación y mantenimiento del sistema de agua potable y el estado de la gestión administrativa.</li> <li>• Realizar el levantamiento topográfico del sistema de agua potable.</li> </ul>	El sistema de agua potable La Totorá del caserío Tres Lagunas en el distrito de Chugur de la provincia de Hualgayoc, presenta problemas de presión en las tuberías, mala administración del agua del agua, tuberías rotas, válvulas dañadas y estructuras que han llegado al final de su vida útil, que afecta el adecuado suministro del agua potable	Sistema de agua potable	Infraestructura del sistema de agua potable	Tiempo de funcionamiento	Infraestructura hidráulica	Observación directa del sistema de agua potable
					Estado actual	Infraestructura hidráulica	Observación directa del sistema de agua potable
					Vida Útil	Infraestructura hidráulica	Observación directa del sistema de agua potable
				Operación y mantenimiento	Funcionamiento del sistema	Infraestructura hidráulica	Encuesta al usuario
					Cantidad de agua	Usuarios y caudal del sistema	Encuesta al usuario y medición de caudal
					Calidad de agua	Usuarios	Encuesta al usuario
				Gestión administrativa	Cobertura del servicio	Usuarios	Encuesta al usuario
					Satisfacción del usuario	Usuarios	Encuesta al usuario
					Morosidad	Usuarios	Encuesta al usuario
				Presiones en el caudal	Presión en las conexiones domiciliarias	Conexiones domiciliarias	Toma de presiones en las conexiones domiciliarias con manómetro
Presión en la línea de conducción, aducción y red de distribución aducción y red de distribución	Software WATERCAD	Modelamiento hidráulico con el Software WATERCAD					

## Anexo 02: Volumen consumido de la primera semana en L/h.

PRIMERA SEMANA								
FECHA	01/05/2023		03/05/2023		05/05/2023		07/05/2023	
DIA HORARIO	Lunes		Miércoles		Viernes		Domingo	
	h (m)	$V = \pi r^2 h$	h (m)	$V = \pi r^2 h$	h (m)	$V = \pi r^2 h$	h (m)	$V = \pi r^2 h$
6:00 - 7:00	0.08	303.95	0.1	379.94	0.09	341.95	0.06	227.96
7:00 - 8:00	0.06	227.96	0.08	303.95	0.07	265.96	0.05	189.97
8:00 - 9:00	0.09	341.95	0.05	189.97	0.05	189.97	0.07	265.96
9:00 - 10:00	0.05	189.97	0.06	227.96	0.05	189.97	0.12	455.93
10:00 - 11:00	0.13	493.92	0.12	455.93	0.16	607.90	0.27	1025.84
11:00 - 12:00	0.18	683.89	0.17	645.90	0.2	759.88	0.25	949.85
12:00 - 13:00	0.16	607.90	0.22	835.87	0.2	759.88	0.22	835.87
13:00 - 14:00	0.08	303.95	0.13	493.92	0.07	265.96	0.11	417.93
14:00 - 15:00	0.05	189.97	0.09	341.95	0.06	227.96	0.09	341.95
15:00 - 16:00	0.16	607.90	0.05	189.97	0.18	683.89	0.08	303.95
16:00 - 17:00	0.08	303.95	0.06	227.96	0.05	189.97	0.06	227.96
17:00 - 18:00	0.09	341.95	0.09	341.95	0.08	303.95	0.07	265.96
18:00 - 19:00	0.1	379.94	0.09	341.95	0.07	265.96	0.09	341.95
19:00 - 20:00	0.05	189.97	0.04	151.98	0.06	227.96	0.05	189.97
<b>consumo diario (L)</b>	<b>5167.18</b>	.....	<b>5129.19</b>	.....	<b>5281.17</b>	.....	<b>6041.05</b>	.....
<b>Cons. Max horario (L)</b>	<b>683.89</b>	.....	<b>835.87</b>	.....	<b>759.88</b>	.....	<b>1025.84</b>	.....

## Anexo 03. Volumen consumido de la segunda semana en L/h.

SEGUNDA SEMANA								
FECHA	09/05/2023		11/05/2023		13/05/2023		15/05/2023	
DIA HORARIO	Martes		Jueves		Sábado		Lunes	
	h (m)	$V = \pi r^2 h$	h (m)	$V = \pi r^2 h$	h (m)	$V = \pi r^2 h$	h (m)	$V = \pi r^2 h$
6:00 - 7:00	0.07	265.96	0.09	341.95	0.07	265.96	0.09	341.95
7:00 - 8:00	0.11	417.93	0.09	341.95	0.09	341.95	0.06	227.96
8:00 - 9:00	0.04	151.98	0.06	227.96	0.05	189.97	0.08	303.95
9:00 - 10:00	0.05	189.97	0.05	189.97	0.1	379.94	0.05	189.97
10:00 - 11:00	0.13	493.92	0.14	531.92	0.28	1063.83	0.2	759.88
11:00 - 12:00	0.18	683.89	0.16	607.90	0.23	873.86	0.17	645.90
12:00 - 13:00	0.19	721.89	0.2	759.88	0.21	797.87	0.19	721.89
13:00 - 14:00	0.17	645.90	0.13	493.92	0.12	455.93	0.07	265.96
14:00 - 15:00	0.05	189.97	0.04	151.98	0.08	303.95	0.03	113.98
15:00 - 16:00	0.14	531.92	0.12	455.93	0.11	417.93	0.14	531.92
16:00 - 17:00	0.04	151.98	0.04	151.98	0.07	265.96	0.06	227.96
17:00 - 18:00	0.05	189.97	0.08	303.95	0.06	227.96	0.1	379.94
18:00 - 19:00	0.07	265.96	0.07	265.96	0.06	227.96	0.09	341.95
19:00 - 20:00	0.04	151.98	0.03	113.98	0.04	151.98	0.04	151.98
<b>consumo diario (L)</b>	<b>5053.20</b>	.....	<b>4939.22</b>	.....	<b>5965.06</b>	.....	<b>5205.18</b>	.....
<b>Cons. Max horario (L)</b>	<b>721.89</b>	.....	<b>759.88</b>	.....	<b>1063.83</b>	.....	<b>759.88</b>	.....

#### Anexo 04. Volumen consumido de la tercera semana en L/h.

TERCERA SEMANA								
FECHA	17/05/2023		19/05/2023		21/05/2023		23/05/2023	
DIA HORARIO	Miércoles		Viernes		Domingo		Martes	
	h (m)	$V = \pi r^2 h$	h (m)	$V = \pi r^2 h$	h (m)	$V = \pi r^2 h$	h (m)	$V = \pi r^2 h$
6:00 - 7:00	0.08	303.95	0.07	265.96	0.05	189.97	0.08	303.95
7:00 - 8:00	0.07	265.96	0.05	189.97	0.08	303.95	0.09	341.95
8:00 - 9:00	0.05	189.97	0.07	265.96	0.06	227.96	0.1	379.94
9:00 - 10:00	0.05	189.97	0.05	189.97	0.11	417.93	0.06	227.96
10:00 - 11:00	0.12	455.93	0.12	455.93	0.22	835.87	0.11	417.93
11:00 - 12:00	0.21	797.87	0.23	873.86	0.16	607.90	0.23	873.86
12:00 - 13:00	0.16	607.90	0.17	645.90	0.2	759.88	0.15	569.91
13:00 - 14:00	0.15	569.91	0.09	341.95	0.09	341.95	0.16	607.90
14:00 - 15:00	0.05	189.97	0.12	455.93	0.15	569.91	0.06	227.96
15:00 - 16:00	0.06	227.96	0.13	493.92	0.19	721.89	0.12	455.93
16:00 - 17:00	0.04	151.98	0.07	265.96	0.06	227.96	0.05	189.97
17:00 - 18:00	0.11	417.93	0.05	189.97	0.11	417.93	0.03	113.98
18:00 - 19:00	0.1	379.94	0.1	379.94	0.09	341.95	0.05	189.97
19:00 - 20:00	0.04	151.98	0.06	227.96	0.05	189.97	0.03	113.98
<b>consumo diario (L)</b>	<b>4901.23</b>	.....	<b>5243.17</b>	.....	<b>6155.03</b>	.....	<b>5015.21</b>	.....
<b>Cons. Max horario (L)</b>	<b>797.87</b>	.....	<b>873.86</b>	.....	<b>835.87</b>	.....	<b>873.86</b>	.....

#### Anexo 05. Volumen consumido de la cuarta semana en L/h.

CUARTA SEMANA								
FECHA	25/05/2023		27/05/2023		29/05/2023		30/05/2023	
DIA HORARIO	Jueves		Sábado		Lunes		Miércoles	
	h (m)	$V = \pi r^2 h$	h (m)	$V = \pi r^2 h$	h (m)	$V = \pi r^2 h$	h (m)	$V = \pi r^2 h$
6:00 - 7:00	0.05	189.97	0.1	379.94	0.06	227.96	0.07	265.96
7:00 - 8:00	0.11	417.93	0.04	151.98	0.09	341.95	0.09	341.95
8:00 - 9:00	0.07	265.96	0.08	303.95	0.11	417.93	0.05	189.97
9:00 - 10:00	0.05	189.97	0.05	189.97	0.03	113.98	0.06	227.96
10:00 - 11:00	0.18	683.89	0.22	835.87	0.17	645.90	0.15	569.91
11:00 - 12:00	0.14	531.92	0.27	1025.84	0.12	455.93	0.23	873.86
12:00 - 13:00	0.22	835.87	0.19	721.89	0.09	341.95	0.14	531.92
13:00 - 14:00	0.09	341.95	0.17	645.90	0.09	341.95	0.12	455.93
14:00 - 15:00	0.06	227.96	0.06	227.96	0.08	303.95	0.13	493.92
15:00 - 16:00	0.14	531.92	0.15	569.91	0.26	987.84	0.05	189.97
16:00 - 17:00	0.08	303.95	0.11	417.93	0.15	569.91	0.04	151.98
17:00 - 18:00	0.08	303.95	0.09	341.95	0.09	341.95	0.08	303.95
18:00 - 19:00	0.09	341.95	0.05	189.97	0.05	189.97	0.06	227.96
19:00 - 20:00	0	0.00	0.02	75.99	0.03	113.98	0.04	151.98
<b>consumo diario (L)</b>	<b>5167.18</b>	.....	<b>6079.04</b>	.....	<b>5395.15</b>	.....	<b>4977.21</b>	.....
<b>Cons. Max horario (L)</b>	<b>835.87</b>	.....	<b>1025.84</b>	.....	<b>645.90</b>	.....	<b>873.86</b>	.....

**Anexo 06. Resumen del consumo general en (L) por hora de la primera y segunda semana**

<b>RESUMEN PRIMERA Y SEGUNDA SEMANA (01/05/023 AL 15/05/2023)</b>								
<b>Horario</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>	<b>Lunes</b>
6:00 - 7:00	303.952	265.958	379.94	341.946	341.946	265.958	227.964	341.946
7:00 - 8:00	227.964	417.934	303.952	341.946	265.958	341.946	189.97	227.964
8:00 - 9:00	341.946	151.976	189.97	227.964	189.97	189.97	265.958	303.952
9:00 - 10:00	189.97	189.97	227.964	189.97	189.97	379.94	455.928	189.97
10:00 - 11:00	493.922	493.922	455.928	531.916	607.904	1063.832	1025.838	759.88
11:00 - 12:00	683.892	683.892	645.898	607.904	759.88	873.862	949.85	645.898
12:00 - 13:00	607.904	721.886	835.868	759.88	759.88	797.874	835.868	721.886
13:00 - 14:00	303.952	645.898	493.922	493.922	265.958	455.928	417.934	265.958
14:00 - 15:00	189.97	189.97	341.946	151.976	227.964	303.952	341.946	113.982
15:00 - 16:00	607.904	531.916	189.97	455.928	683.892	417.934	303.952	531.916
16:00 - 17:00	303.952	151.976	227.964	151.976	189.97	265.958	227.964	227.964
17:00 - 18:00	341.946	189.97	341.946	303.952	303.952	227.964	265.958	379.94
18:00 - 19:00	379.94	265.958	341.946	265.958	265.958	227.964	341.946	341.946
19:00 - 20:00	189.97	151.976	151.976	113.982	227.964	151.976	189.97	151.976
<b>consumo diario (L)</b>	<b>5167.18</b>	<b>5053.20</b>	<b>5129.19</b>	<b>4939.22</b>	<b>5281.17</b>	<b>5965.06</b>	<b>6041.05</b>	<b>5205.18</b>
<b>Cons. Max horario (L)</b>	<b>683.89</b>	<b>721.886</b>	<b>835.87</b>	<b>759.88</b>	<b>683.89</b>	<b>1063.832</b>	<b>1025.84</b>	<b>645.90</b>

**Anexo 07. Resumen del consumo general en (L) por hora de la tercera y cuarta semana**

<b>RESUMEN TERCERA Y CUARTA SEMANA (17/05/23 AL 31/05/2023)</b>								
<b>Horario</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>
6:00 - 7:00	303.952	189.97	265.958	379.94	189.97	227.964	303.952	265.958
7:00 - 8:00	265.958	417.934	189.97	151.976	303.952	341.946	341.946	341.946
8:00 - 9:00	189.97	265.958	265.958	303.952	227.964	417.934	379.94	189.97
9:00 - 10:00	189.97	189.97	189.97	189.97	417.934	113.982	227.964	227.964
10:00 - 11:00	455.928	683.892	455.928	835.868	835.868	645.898	417.934	569.91
11:00 - 12:00	797.874	531.916	873.862	1025.838	607.904	455.928	873.862	873.862
12:00 - 13:00	607.904	835.868	645.898	721.886	759.88	341.946	569.91	531.916
13:00 - 14:00	569.91	341.946	341.946	645.898	341.946	341.946	607.904	455.928
14:00 - 15:00	189.97	227.964	455.928	227.964	569.91	303.952	227.964	493.922
15:00 - 16:00	227.964	531.916	493.922	569.91	721.886	987.844	455.928	189.97
16:00 - 17:00	151.976	303.952	265.958	417.934	227.964	569.91	189.97	151.976
17:00 - 18:00	417.934	303.952	189.97	341.946	417.934	341.946	113.982	303.952
18:00 - 19:00	379.94	341.946	379.94	189.97	341.946	189.97	189.97	227.964
19:00 - 20:00	151.976	0	227.964	75.988	189.97	113.982	113.982	151.976
<b>consumo diario (L)</b>	<b>4901.23</b>	<b>5167.18</b>	<b>5243.17</b>	<b>6079.04</b>	<b>6155.03</b>	<b>5395.15</b>	<b>5015.21</b>	<b>4977.21</b>
<b>Cons. Max horario (L)</b>	<b>607.90</b>	<b>835.868</b>	<b>493.92</b>	<b>835.868</b>	<b>835.87</b>	<b>645.90</b>	<b>607.90</b>	<b>873.86</b>

**Anexo 08: Encuesta aplicada a los usuarios.**

**ENCUESTA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE**

**USUARIO.....FECHA.....**

1. Fecha en que concluyó el proyecto del sistema de agua potable.  
.....
2. Institución ejecutora.  
.....
3. ¿Se han presentado problemas después de haber entregado el sistema de agua potable a los usuarios?  
SI( ) NO( )
4. ¿se han realizado intervenciones después de haber entregado el sistema de agua potable a los usuarios?  
SI( ) NO( )
5. ¿cree usted que habido mejora después de las intervenciones que se realizaron al sistema de agua potable?  
SI( ) NO( )
6. ¿se han realizado nuevas inversiones después de ser entregado el sistema de agua potable a los usuarios?  
SI( ) NO( )
7. ¿hay variación de presión de agua en su casa, durante el día?  
Mañana ( ) medio día ( ) tarde ( ) todo día ( )
8. ¿Quién es el responsable de la operación y mantenimiento del servicio de agua potable?  
Junta directiva ( ) Empresa privada ( ) Municipalidad ( )
9. ¿existe una cuota familiar establecida para el servicio de agua potable?  
SI( ) NO( )
10. ¿los usuarios participan en los mantenimientos rutinarios?  
SI( ) NO( )
11. ¿cada que tiempo se realizan la limpieza y desinfección del sistema de agua potable?  
Una vez al año ( ) dos veces al año ( ) tres veces al año ( ) tres veces al año ( )
12. ¿Cómo ve usted la administración del servicio de agua por parte de la junta directiva?  
Buena ( ) regular ( ) Malo ( )

**Anexo 09: Censo poblacional del 2017 de Perlamayo Tres Laguas.**

CÓDIGO	CENTROS POBLADOS	REGIÓN NATURAL (según piso altitudinal)	ALTITUD (m s.n.m.)	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
				Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas 1/	Desocupadas
<b>0607</b>	<b>PROVINCIA HUALGAYOC</b>			<b>77 944</b>	<b>37 568</b>	<b>40 376</b>	<b>40 205</b>	<b>34 285</b>	<b>5 920</b>
<b>060702</b>	<b>DISTRITO CHUGUR</b>			<b>2 920</b>	<b>1 409</b>	<b>1 511</b>	<b>995</b>	<b>977</b>	<b>18</b>
0001	CHUGUR	Quechua	2 765	319	154	165	150	137	13
0002	COYUNDE PALMA	Quechua	2 865	328	161	167	114	113	1
0003	COYUNDE GRANDE	Quechua	2 951	488	241	247	144	144	-
0004	PERLAMAYO CAPILLA	Quechua	3 187	341	155	186	118	118	-
0005	TINGO	Quechua	2 444	96	37	59	38	38	-
0006	LA PALMA	Quechua	2 703	119	65	54	33	33	-
0007	PERLAMAYO TAMBILLO ALTO	Quechua	3 085	124	65	59	43	43	-
0008	PERLAMAYO TRES LAGUNAS	Quechua	3 485	304	144	160	88	87	1
0010	NUEVO PERU	Quechua	2 865	150	72	78	44	44	-
0011	PERLAMAYO TAMBILLO BAJO	Quechua	2 963	97	51	46	35	35	-
0012	LA COLPA	Quechua	2 749	55	25	30	21	21	-
0013	CHENCHO	Quechua	3 200	126	53	73	37	36	1
0014	TACAMACHE	Quechua	2 641	149	82	67	56	56	-
0015	RAMIREZ	Quechua	3 100	107	48	59	38	37	1
0017	PARAISO	Quechua	3 064	60	28	32	21	21	-
0018	PAMPA GRANDE	Suni	3 674	51	26	25	14	13	1
0020	SINCHAO	Suni	3 822	6	2	4	1	1	-

Anexo 10: Padrón de beneficiarios 2022-2023

Padrón de Beneficiarios de agua el chorro 2022 - 2023

Americo Diaz Burga	P	P <sub>05</sub>	P						
Sergio Vasquez Tarillo	P <sub>05</sub>		P <sub>05</sub>						
Lelida Diaz Gagetopa									
Herederos Hoyes Azula	F								
Wilmer Diaz Gagetopa	P <sub>05</sub>	P <sub>05</sub>	P						
Mari Gamonal Tarillo			P						
Marcelo Villanueva Urrutia	P <sub>05</sub>	P <sub>05</sub>		P <sup>T</sup>					
Maximila Tarillo AZula			P <sub>05</sub>	P <sub>05</sub>					
Emiterio Vasquez Tarillo	P <sub>05</sub>		P <sub>05</sub>	F					
Norvil Vasquez Fustamante	R <sup>1</sup>			F					
Joel Diaz AZula									
Lamilo Diaz AZula		F	R <sup>1</sup>	F					
Armanda Chingay Arebalo	P <sub>05</sub>	P <sub>05</sub>							
Robinson Mejia Paredes	P <sub>05</sub>	P <sub>05</sub>	P <sub>05</sub>	F					
Ramon Diaz Barboza			P <sub>05</sub>						
Rosa Colunche Benavides	R <sub>05</sub>	P <sub>05</sub>		F					
Yolanda Vasquez Tarillo	P	P <sub>05</sub>	P <sub>05</sub>	P <sub>05</sub>					
Felivito Lapa Vasquez		P <sub>05</sub>							
Ana Coronel Diaz		P <sub>05</sub>							
Enaider Gagetopa									
Servol Gonzalez									
German Paredes Mejia			F						



## Anexo 11: Panel Fotográfico

**Foto 01:** Verificación del estado y medición de la captación “el chorro”.



**Foto 02:** Vista interior de del afluyente.



**Foto 03:** Toma de elevación, coordenadas y dimensionamiento de la captación.



**Foto 04:** Exceso de agua (Rebose del reservorio).



**Foto 05:** Toma de datos mediante GPS.



**Foto 06:** Vista de caja de llaves de La captacion.



**Foto 07:** Toma de presiones en domicilios y red principal.



**Foto 08:** Medición de alturas cada hora en reservorio de 10 mil litros.

