



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).  
Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO**

**FACULTAD DE ECOLOGÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**



**Evaluación de la calidad físico química del agua para uso de consumo humano  
en el sistema de abastecimiento de agua del centro poblado Potrerillo, distrito  
de Jepelacio, ciudad de Moyobamba, 2018**

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario**

**AUTORES:**

**Cristina Alejandra Álvarez Daza**

**Fany Janeth Chávez Yajahuanca**

**ASESOR:**

**Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza**

**Código N° 6051418**

**Moyobamba – Perú**

**2019**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO

## FACULTAD DE ECOLOGÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



**Evaluación de la calidad físico química del agua para uso de consumo humano  
en el sistema de abastecimiento de agua del centro poblado Potrerillo, distrito  
de Jepelacio, ciudad de Moyobamba, 2018**


#### AUTORES:


**Cristina Alejandra Álvarez Daza**

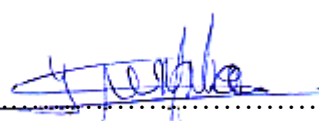
**Fany Janeth Chávez Yajahuanca**

**Sustentada y aprobada el 04 de diciembre del 2019, por los siguientes jurados:**

  
.....  
**Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna**  
**Presidente**

  
.....  
**Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez**  
**Secretario**

  
.....  
**Ing. M.Sc. Gerardo Cáceres Bardález**  
**Miembro**

  
.....  
**Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza**  
**Asesor**

## Declaratoria de Autenticidad

**Cristina Alejandra Álvarez Daza**, con DNI N° 48440259 y **Fany Janeth Chávez Yajahuanca**, con DNI N° 70421646, bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de la San Martín – Tarapoto, autor de la tesis titulada: **Evaluación de la calidad físico química del agua para uso de consumo humano en el sistema de abastecimiento de agua del centro poblado Potrerillo, distrito de Jepelacio, ciudad de Moyobamba, 2018.**

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

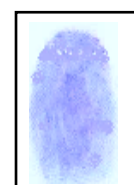
Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de nuestro accionar, sometiéndonos a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Moyobamba, 04 de diciembre del 2019.



.....  
**Bach. Cristina Alejandra Álvarez Daza**

DNI N° 48440259



.....  
**Bach. Fany Janeth Chávez Yajahuanca**

DNI N° 70421646

**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres:	ALVAREZ DAZA CRISTINA ALEXANDRA	
Código de alumno :	125223	Teléfono: 924159679
Correo electrónico :	galcrist@hotmail.com	DNI: 48440259

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de:	ECOLOGÍA
Escuela Profesional de:	INGENIERÍA SANITARIA

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

**4. Datos del Trabajo de investigación**

Título :	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO QUÍMICA DEL AGUA PARA USO DE CONSUMO HUMANO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL CENTRO POBLADO POTRERILLO, DISTRITO DE SEPULCRO, CIUDAD DE MOYOBAMBA, 2018
Año de publicación:	2019

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma y huella del Autor

## 8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

18 / 10 / 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.  
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e  
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

  
Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea  
Responsable

\***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres:	Chávez Yajahuanca Fany Janeth	
Código de alumno :	125227	Teléfono: 930169622
Correo electrónico :	Chavez.fy.94@gmail.com	DNI: 70421646

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de:	Ecología
Escuela Profesional de:	Ingeniería Sanitaria

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

**4. Datos del Trabajo de investigación**

Título :	Evaluación de la calidad físico química del agua para uso de consumo humano en el sistema de abastecimiento de agua del centro poblado Potrerillo, distrito de Jepelacio, ciudad de Moyobamba, 2018.
Año de publicación:	2019

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma y huella del Autor

## 8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

18 / 10 / 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.  
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e  
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

  
Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea  
Responsable

\***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



## **Dedicatoria**

“A Dios Él todo poderoso por guiarnos, darnos salud, sabiduría e iluminarnos en nuestro camino hacia nuestra vida profesional ya que Él ha sido nuestra fuerza en momentos buenos y malos que hemos atravesado hasta poder culminar nuestra meta trazada.”

“Con el más sincero afecto, respeto, gratitud, dedicamos a nuestros PADRES Y HERMANOS y a toda mi familia quienes han sido día tras día un apoyo incondicional; por sus consejos de principios, valores, ánimos donde todo esto nos permitió dar este gran paso de formarnos como profesionales.”

**Los Autores**

## **Agradecimiento**

A Dios quien nos ha dado vida y salud para lograr nuestros objetivos y metas trazadas a lo largo de nuestra vida universitaria.

A nuestros padres quienes nos apoyaron y nos dieron ánimos cada día para seguir adelante hasta llegar a cumplir nuestra meta trazada.

A nuestro asesor Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza, quien nos ayudó mucho con el apoyo moral y sobre todo con sus conocimientos que nos sirvieron para realizar dicha investigación y a la población de Potrerillo que nos brindaron su apoyo, información y autorización para poder ejecutar nuestro proyecto de tesis.

A nuestra alma mater Universidad Nacional de San Martín - Facultad de Ecología, quien nos acogió en su seno y a través de sus excelentes docentes nos impartió conocimientos y valores que los llevaremos siempre en nuestra mente y corazón.

**Los Autores.**

## Índice

Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Resumen	xii
Abstract	xiii
Introducción	1
<b>CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>3</b>
1.1. Antecedentes de la Investigación	3
1.2. Bases Teóricas	5
1.2.1. El agua	5
1.2.2. El agua potable	6
1.2.3. Ciclo hidrobiológico	7
1.2.4. La Contaminación del Agua	9
1.2.5. Tipos de agua	9
1.2.6. Calidad del agua dulce	11
1.2.7. Parámetros físicos y químicas	13
1.2.8. Normas vigentes de calidad del agua potable en el Perú	17
1.2.9. Control y vigilancia de la calidad del agua	18
1.2.10. Salud pública y calidad del agua	19
1.3. Bases legales	19
1.4. Abastecimiento de agua	22
1.5. Criterios para la selección técnica de abastecimiento de agua	43
1.6. Opciones técnicas en abastecimiento de agua	45
1.7. Definición de términos básicos	54
<b>CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>56</b>
2.1. Materiales	56

	ix
2.2. Métodos	58
<b>CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>62</b>
3.1. Caracterización del sistema de abastecimiento del centro poblado de Potrerillo	62
3.2. Segmentación física poligonal del área de estudio	65
3.3. Comportamiento de los parámetros físico-químicos y comparar con los ECAS Y LMP	71
3.4. Discusión de resultados	79
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>82</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>83</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>84</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>89</b>
Anexo 1: Plano del sistema existente	90
Anexo 2: Plano de la segmentación poligonal- Sistema I	91
Anexo 3: Plano de la segmentación poligonal- Sistema II	92
Anexo 4: Plano de micro y macro localización	93
Anexo 5: Formato de encuesta	94
Anexo 6: Panel fotográfico	97
Anexo 7: Ficha de recolección de datos	99



## Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de aguas según el grado de dureza.....	17
Tabla 2. Límites máximos Permisibles de los Parámetros de calidad del agua para consumo humano.....	18
Tabla 3. Número de personas por hogar.....	66
Tabla 4. Coordenadas BMs.....	70
Tabla 5. Primer monitoreo en el punto inicial.....	71
Tabla 6. Segundo monitoreo en el punto inicial.....	72
Tabla 7. Tercer monitoreo en el punto inicial.....	73
Tabla 8. Primer monitoreo en los puntos finales de distribución.....	75
Tabla 9. Segundo monitoreo en los puntos finales de distribución.....	76
Tabla 10. Tercer monitoreo en los puntos finales de distribución.....	77
Tabla 11. Relación promedio de los resultados con los LMP.....	78

## Índice de figuras

Figura 1. Caminos que toma el agua de las precipitaciones cuando llega al suelo .....	8
Figura 2. Diseño de equipos de bombeo de operación manual .....	43
Figura 3. Sistema de abastecimiento de agua por gravedad sin tratamiento .....	46
Figura 4. Sistema de abastecimiento de agua por gravedad con tratamiento .....	47
Figura 5. Sistema de abastecimiento de agua por bombeo sin tratamiento.....	48
Figura 6. Sistema de abastecimiento de agua por bombeo con tratamiento.....	49
Figura 7. Captación de aguas de lluvia.....	50
Figura 8. Filtro de mesa – modelo CEPIS-PAHO.....	51
Figura 9. Protección de manantial.....	52
Figura 10. GPS Carmin .....	56
Figura 11. Turbidímetro .....	56
Figura 12. Conductímetro portatil PCE.....	57
Figura 13. pHmetro de bolsillo.....	57
Figura 14. Colorímetro HACH.....	57
Figura 15. Personas que cuentan con red de agua .....	66
Figura 16. Personas que cuentan pozo séptico .....	67
Figura 17. Continuidad del servicio de agua .....	67
Figura 18. Mantenimiento periodico .....	68
Figura 19. Se realiza desinfección o cloración .....	69
Figura 20. Pago por el servicio de agua.....	69
Figura 21. Curva de relación promedio de los resultados con los LMP.....	78
Figura 22. Macrolocalización del distrito de Potrerillo .....	93
Figura 23. Microlocalización del distrito Potrerillo .....	93

## Resumen

La investigación mediante una caracterización de los parámetros fisicoquímicos del agua para uso de consumo humano en el sistema de abastecimiento de agua del centro poblado Potrerillo, distrito de Jepelacio; para el cual se realizó el monitoreo bimestral de parámetros físicos y químicos, en cuatro puntos de monitoreos. Se obtuvo como resultados: oxígeno disuelto con 5,86 mg/L, para los nitratos 0,16 mg/L, para los fosfatos 26,01 mg/L (punto elevado), para conductividad 0,3  $\mu$ S, para el pH 7,17 y el color 5,11 UPC, así mismo la temperatura con 24,96 °C, turbiedad con 1,24 UNT y los sólidos totales disueltos con 155,78 ppm. Se concluye por el análisis físico químico inicial del agua, donde se encontró falencias en algunos parámetros, por lo que el agua según el Estándar de calidad Ambiental (ECA), no se destinaria al consumo humano a través de un proceso de cloración, sino que requeriría de un tratamiento convencional para poder ser apta para el consumo humano, indicando que también fueron comparadas con los Límites Máximos Permisibles (LMP) ,en los últimos puntos de monitoreo, los cuales no cumplieron con la norma establecida.

**Palabras clave:** Abastecimiento, calidad, sistema, parámetros.

## Abstract

The research evaluates the physicochemical quality of water for human consumption in the water supply system of the town center Potrerillo, Jepelacio district; for which the bimonthly monitoring of physical and chemical parameters was performed, in four monitoring points. Results were obtained: dissolved oxygen with 5.86 mg / L, for nitrates 0.16 mg / L, for phosphates 26.01 mg / L (high point), for conductivity 0.3  $\mu$ S, for pH 7, 17 and the color 5.11 UPC, also the temperature with 24.96 ° C, turbidity with 1.24 UNT and the total solids dissolved with 155.78 ppm. It is concluded by the initial chemical physical analysis of water, where flaws were found in some parameters, so that the water according to the Environmental Quality Standard (ECA), would not be destined for human consumption through a chlorination process, but rather would require a conventional treatment to be suitable for human consumption, indicating that they were also compared with the Maximum Permissible Limits (MPL), in the last monitoring points, which did not comply with the established standard.

**Key words:** Supply, quality, system, parameters.





## Introducción

El agua de manantial debe de cumplir una serie de características para poder ser consumida por ello es necesario un previo análisis y tratamiento necesario. Ya que, si el agua es propia de un manantial, debemos realizar una serie de análisis de parámetros para verificar la calidad al agua. A través de esta investigación se realizará una evaluación de la recolección de muestras de agua, perteneciente al agua subterráneas (manantial), para realizar los correspondientes análisis físicos químicos.

Este análisis es importante para determinar el grado de contaminación existente, ya que el centro poblado de Potrerillo, se abastece con agua subterránea (manantial), que no cuenta con tratamiento de desinfección, ni monitoreo medioambiental por lo que se considera de especial importancia determinar los parámetros físicos-químicos; debido a que están susceptibles a ser contaminados.

En el centro poblado de Potrerillo la percepción sobre la calidad del agua que consumen las familias es favorable al referir que esta es clara. Sin embargo, es importante resaltar que la calidad del agua no es determinada por lo que los usuarios perciben, sino por los resultados de los estudios físico química que se realicen en el mismo; por lo que el problema se concentra en: ¿Cuál es la evaluación de la calidad fisicoquímica del agua para consumo humano del sistema de abastecimiento del centro poblado de potrerillo, distrito de Japelacio, ciudad de Moyobamba 2018?

La investigación tuvo como variable de estudio la Calidad físico química del agua; cuya relación tiene como objetivo general: Evaluación de la calidad fisicoquímica del agua para uso de consumo humano en el sistema de abastecimiento de agua del centro poblado Potrerillo, distrito de Japelacio; ciudad de Moyobamba, 2018. Y los objetivos específicos: Caracterizar el sistema de abastecimiento del centro poblado de Potrerillo; como segundo objetivo específico el realizar la segmentación física poligonal del área de estudio. Y finalmente monitorear el comportamiento de los parámetros físico-químicos (pH, temperatura, turbiedad, oxígeno disuelto, color, sólidos totales disueltos, nitratos, fosfatos y conductividad) y comparar con los ECAS Y LMP de manera bimestral.

O.P.S. (1975), indica que según las Normas de calidad de agua del Organismo Mundial de la Salud (OMS). La calidad del agua es un aspecto de importancia fundamental, ya que

esta contiene en suspensión y en solución una gran cantidad de sustancias y compuestos que son los que dan sus características peculiares y los que determinan el tratamiento de acuerdo al uso que se le va a dar. La relación entre calidad de agua y los efectos de la salud ha sido estudiada para cada una de las características de la calidad de agua (determinación de los organismos del agua).

Se sabe que las aguas superficiales están más propensas a ser contaminadas por diferentes factores, pero si se refiere a las aguas subterráneas se habla de un conjunto de aguas localizadas debajo de la superficie terrestre, cuando se encuentran en cantidades suficientes, es importante como fuente de abastecimiento para el consumo humano. Por tanto, es importante determinar algunos parámetros físicos químicos para precisar en qué situación se encuentra y si es apto para el consumo humano.

En centro poblado de Potrerillo se observa en los alrededores de la fuente de agua subterránea (manantial) que hay terrenos de pastizales y por tanto se deduce la crianza de animales rumiantes que podrían estar afectando a la fuente. Es por ello que la investigación se dividió de manera ordenada en los siguientes capítulos: en el capítulo I: en este se describen las referencias bibliográficas y los antecedentes relacionados al tema en cuestión y sobre el que se está analizando, relacionando e investigando; el capítulo II: se describe el conjunto de metodologías utilizadas en función de la obtención de datos de investigación y referentemente los materiales utilizados; en el último capítulo III: se describen y detallan los resultados y discusiones a las que se llegaron conforme a lo obtenido, en las discusiones se contrastaron los resultados obtenidos con los de otros autores. Lo que se obtuvo fueron datos más precisos referente a los parámetros que se indican en la investigación para ver si se encuentran cumpliendo con el reglamento para ser apto para el consumo de la población.

# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. Antecedentes de la Investigación

#### Internacionales

**Piqueras (2015)** en la investigación titulada: Calidad físico química del agua en los manantiales de los términos municipales de Benafer, Caudiel y Viver (Castellón), indica que la calidad físico química del agua en los manantiales de los términos municipales de Benafer, Caudiel y Viver (Castellón) reportó rangos de pH 7,49 a 7,74, cloruros 8,90 a 12,30 mg/L, nitratos 39,30 a 42,40 mg/L, magnesio 3,00 a 29,50 mg/L, calcio 133,90 a 148,90 mg/L.

#### Nacionales

**Aguilar y Navarro (2018)** obtuvieron resultados respecto a los parámetros físicos en pH  $7.78 \pm 4.0$ , Temperatura  $17.43 \pm 8.2$ , Conductividad  $138.12 \pm 4.1$ , Alcalinidad  $73.68 \pm 10.3$ ; mientras en los parámetros químicos los resultados que se obtuvieron fueron en dureza total  $74.28 \pm 13.3$ , Calcio  $23.35 \pm 7.9$ , Magnesio  $4.74 \pm 9.8$ , Cloruros  $74 \pm 15.6$ ; entre tanto para los resultados bacteriológicos en las Unidades de Formadoras de Colonias en coliformes totales fueron en captación de  $18,67 \pm 28,05$ , en reservorio fue de  $18.08 \pm 13,51$ , en pileta domiciliaria fue de  $29,08 \pm 24,6$ , para los coliformes Termotolerantes en captación fue de  $6.67 \pm 16.83$ , en reservorio fue de  $1.75 \pm 2.60$  y en pileta domiciliaria fue de  $6,25 \pm 16,94$ . según la Norma Técnica 031-DIGESA en los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los valores normales para agua para consumo humano mientras para los coliformes totales y termotolerantes el valor normal debe de ser.

**Atencio (2018)** determinó que la calidad del agua que consume la población de la localidad de San Antonio de Rancas, no es apta para consumo humano, ya que los parámetros de coliformes fecales y totales no cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S N°031-2010-SA), asimismo la percepción local de los pobladores mencionan que esta satisfechos con la cantidad de agua que llega a sus viviendas, pero no conocen de la calidad de esta.

**Brousett et. al (2018)** los resultados obtenidos en su investigación, fueron comparados con los valores estipulados por la OMS y la norma Calidad del Agua para Consumo Humano del

Ministerio de Salud. Resultados: Los parámetros físico-químicos se encuentra dentro del rango aceptable, a excepción del Aluminio para agua superficial que sobrepasa en 0,065mg/L y para el caso de las aguas subterráneas fue excedido el Boro con 0,025mg/L, asimismo se evidenció valores elevados de coliformes totales en épocas de lluvia, llegando a 11 866,6 UFC/100ml ( $\pm 813,5$ ) como valor máximo. Conclusión: El agua que abastece al poblado de Chullunquiani no cumple con las normativas microbiológicas, demostrando la necesidad de implementar un programa de monitoreo que asegure una vigilancia sistemática de las fuentes de abastecimiento y distribución.

**Chambi (2015)**, la proporción de contaminación fue mayor en las piletas 70 %, pozos 54 % y acequias 40 %. Y el número más probable de *Escherichia coli* fue mayor en pozos  $11.46 \pm 3.36$  comparado a la de acequias y piletas que tuvieron  $7.75 \pm 2.43$  y  $6.28 \pm 2.21$  NMP de *Escherichia coli*, respectivamente ( $P \leq 0.05$ ); determinándose que las tres fuentes de abastecimiento de agua NO ES APTO para consumo humano, según el acuerdo a la Norma Técnica Sanitaria Nro. 071 MINSA/DIGESA-V.01, XVI.4 expuesto en la Resolución Ministerial Nro. 591-2008/MINSA. En la evaluación del estado sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua, están deteriorados debido a que no programan en el mantenimiento.

**Navinta y Condori (2016)**, se logró evaluar fisicoquímicamente los parámetros para el metaloide boro y el metal pesado manganeso del recurso hídrico para consumo humano en el centro poblado de Mollendo. También se logró determinar los parámetros físicos químicos de mayor influencia los que se han detallado, evaluado en el capítulo IV y representado los resultados desde la gráfica N° 1 al N°11. Se reconoció los metales de Boro (B) y Manganeso (Mn) en las temporadas de avenida y estiaje; logrando obtener en el tiempo de avenida mayor presencia de Manganeso (0.81mg/L) y en la temporada de estiaje mayor presencia de Boro (5.29mg/L).

#### **Locales:**

Fuente actual de abastecimiento del centro poblado Potrerillo (PNSR,2014).

Actualmente el centro poblado está dividido en dos sistemas, por motivos de que cada uno cuenta con un sistema independiente; esto se debe que el “Manantial Potrerillo I” (nombre puesto por la población), constituye única fuente con características de cantidad y



continuidad para el abastecimiento de la zona principal del centro poblado de Potrerillo. A continuación, describiremos el sistema de agua de cada sistema:

#### Sistema I:

Existe actualmente un sistema de abastecimiento de agua que es por gravedad con planta de tratamiento tipo convencional, construido en el año 1999 por el fondo de cooperación para el desarrollo social (FONCODES), el sistema tiene 15 años de antigüedad y cuenta con una captación de ladera, el cual es abastecida por una fuente “Manantial Potrerillo 01” (PNSR,2014).

Existen un 71,6% de cobertura con viviendas conectadas a este sistema que reciben un servicio continuo de por lo menos 21 horas diarias (siendo el 28,40 % las viviendas que se abastecen de otra fuente y 71,60% abastecida por servicio intradomiciliario) (PNSR, 2014).

#### Sistema II:

Llamado también parte alta se abastece de los manantiales “La Fila 01” y “La Fila 02” por acarreo siendo dificultoso el acarreo de agua en épocas de lluvia, porque se vuelve difícil el acceso (PNSR, 2014).

Las fuentes de abastecimiento para el centro poblado de Potrerillo son, el “Manantial Potrerillo I” para el Sistema I, que cuenta con un caudal de 17,76 l/s y los Manantiales “La Fila I” y “La Fila II” con un caudal de 0,30 l/s y 0,35l/s respectivamente para el Sistema II. Es por ello que se realizó un mejoramiento de la captación del sistema I y se construirá una captación de en el manantial la Fila I para el sistema II (PNSR, 2014).

## **1.2. Bases Teóricas**

### **1.2.1. El agua**

Es la parte esencial de los seres vivos, hombre animal y vegetal, cuyos cuerpos se componen de agua. La vida ha utilizado el agua como medio de dilución y transporte interno de los elementos y sus combinaciones, necesarios para el desarrollo de los organismos. El agua abunda en la tierra y es fundamental para la vida.

El agua es uno de los bienes más importantes y escasos que tienen las personas alrededor del mundo, nuestro país no es una excepción; muchas de nuestras poblaciones se ven obligados a beber de fuentes cuya calidad deja mucho que desear y produce un sin fin de enfermedades a niños y adultos. El acceso al agua potable es una necesidad primaria y por lo tanto un derecho humano fundamental (MINSA, 2010).

Se ha estimado que existen alrededor de 1 400 millones de kilómetros cúbicos de agua en el planeta, de los cuales sólo 2.5% corresponden a agua dulce (PNUMA, 2007). Este pequeño porcentaje se localiza principalmente en los ríos, lagos, glaciares, mantos de hielo y acuíferos del mundo. Casi tres cuartas partes del agua dulce están contenidas en los glaciares y mantos de hielo, de los cuales alrededor de 97% son prácticamente inaccesibles para su uso, ya que se encuentran en Antártica, el Ártico y Groenlandia. Sin embargo, muchos de los glaciares continentales, así como el hielo y las nieves perpetuas de volcanes y cadenas montañosas constituyen una fuente importante de recursos hídricos para muchos países (PNUD, 2016).

El Perú cuenta con tres vertientes en su territorio, con una disponibilidad de casi 2 billones de metros cúbicos de agua cada año, sin embargo, por nuestra geografía, la vertiente del Pacífico –donde reside el 66 % de la población- sólo cuenta con una disponibilidad de 2,2 % de acceso al agua.

Nuestra geografía ha determinado la existencia de 159 cuencas hidrográficas en nuestro territorio, cada una de ellas tiene sus singularidades y necesidades de gestión de recursos). hídricos adecuados, por ello, la Autoridad Nacional del Agua, a través del Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos viene promoviendo la creación, instalación y gestión de los consejos de recursos hídricos por cuencas como uno de los modelos de gestión del agua más eficientes y adecuados para el país (ANA, 2019).

### **1.2.2. Agua Potable**

El agua potable es un líquido esencial (SUNASS, 2004), una agua de consumo debe de ser inocua o agua potable, y es definida como la que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud de los consumidores durante su vida, pero esta se encuentra vulnerable a diferentes contaminación de diferente índole, considerándose imprescindible el consumo de agua inocua, ya que la población podría contraer enfermedades mediante esta

vía, donde los más propensos son los lactantes y los niños escolares a contraer enfermedades y donde el agua potable debe de ser óptima para su consumo y la higiene personal (Organización Mundial de la Salud, 2006).

El agua puede contener muchas sustancias químicas y biológicas disueltas o suspendidas en ella, disolviendo los componentes químicos por para el mantenimiento de la vida del hombre los que se deben de disponer de un buen suministro que sea suficiente, inocuo y accesible, proporcionando beneficios tangibles para la salud de los consumidores, por lo tanto se debe de realizar el máximo esfuerzo para lograr su inocuidad donde circula a través de la superficie del suelo, filtrándose a través del mismo, por otro lado, contiene organismos vivos que pueden reaccionar con elementos físicos y químicos, muchas veces puede ser perjudicial para ciertos procesos industriales, o perfectamente idónea para otros (Romero, 2010), las aguas subterráneas procedentes de áreas con piedra caliza pueden llegar a tener un alto contenido de bicarbonatos de calcio (dureza), requiriendo procesos de ablandamiento previo a su uso por la población, en tal sentido la calidad físico, química y biológica están dentro de los estándares fijados por normas nacionales e internacionales (Orellana, 2005).

Es importante evaluar los parámetros de la calidad del agua, según el uso, a fin de determinar si necesita o no tratamiento y aplicar el procedimiento idóneo para lograr la calidad deseada, asimismo los estándares de calidad son usados también para vigilar procesos de tratamiento y corregirlos si fuera necesario (Romero, 2009), evaluando sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas, debiendo poseer la aceptación universal a fin de que sean posibles las comparaciones con los estándares de calidad, tales como los de EEUU y la OMS (Orellana, 2005).

### **1.2.3. Ciclo hidrológico**

El conjunto de todas las aguas atmosféricas, superficiales y subterráneas, constituye una unidad. Esta unidad se visualiza más fácilmente a nivel de sistemas hídricos, como cuencas hidrográficas. A escala continental, la unidad abarca todo el ciclo hidrológico. Esto implica que todo lo que afecta una parte del ciclo hidrológico repercute en el resto del ciclo. Como se ha indicado, sólo una fracción pequeñísima del agua dulce circula en el planeta y se renueva constantemente a través del Ciclo Hidrológico o Ciclo del Agua



**Figura 1.** Caminos que toma el agua de las precipitaciones cuando llega al suelo. El símbolo  $\Delta$  indica el nivel freático de una zona. (Fuente: IEM. 2011).

Este ciclo hidrológico de la Tierra continuamente transfiere agua dulce de los océanos a la tierra y de vuelta al mar. En este ciclo, por la energía solar, el agua se evapora de la superficie de la Tierra a la atmósfera, de donde cae en forma de lluvia o nieve. Parte de esta precipitación vuelve a evaporarse dentro de la atmósfera. Otra parte comienza el viaje de vuelta al mar a través de arroyos, ríos y lagos. Y aún otra parte se infiltra dentro del suelo y se convierte en humedad del suelo o en agua de superficie. Las plantas incorporan la humedad del suelo en sus tejidos y la liberan en la atmósfera en el proceso de evapotranspiración. Gran parte del agua subterránea finalmente vuelve a pasar al caudal de las aguas de superficie.

La determinación de la cantidad de agua proveniente de las precipitaciones que se infiltra y la cantidad que fluye como escorrentía superficial depende del tipo de precipitación y su duración, de la naturaleza y densidad de la vegetación presente, de la pendiente, tipo y permeabilidad del suelo, de la extensión de la cuenca geográfica y de la profundidad del nivel freático. Así pues, la infiltración contribuye a la porción de aguas subterráneas del ciclo hidrológico en los continentes, mientras que la escorrentía proporciona un aumento en el aporte de agua a ríos y lagos. Es conveniente profundizar más en estos dos términos cuando se considera la primera fase que atraviesan las aguas de las precipitaciones en los continentes.



#### **1.2.4. La Contaminación del Agua**

Las heces de los animales y/o hombres siguen siendo factores de riesgo para la contaminación del agua provocando diversas enfermedades en la salud de la población es muy importante realizar una prevención y control sanitario para mantener salubres a una determinada población (Aurazo, 2004).

##### **1.2.4.1. Contaminación por Actividades Humanas**

El uso frecuente de los detergentes domésticos, productos químicos que son vertidos a los cauces de los ríos, lagos y mares son los contaminantes más frecuentes causando daños ambientales a los ecosistemas de los cuerpos de agua como son los ríos, manantes, lagos y lagunas (Aurazo, 2004)

##### **1.2.4.2. Contaminación por Actividades Agrícolas**

Las actividades agrarias están contaminación también los cuerpos de agua a través de los usos frecuentes de agroquímicos como, insecticidas, herbicidas y plaguicidas en todas las actividades agrícolas estos elementos químicos después de usarlos aumentan las sales en el suelo ocasionando la desertificación de los terrenos ocasionados por el incremento del pH y los contenidos del compuesto químico del bicarbonato disminuyan y aumenten la salinización de los suelos (Contreras, 2013).

#### **1.2.5. Tipos de agua**

Los ecosistemas acuáticos epicontinentales son todas aquellas aguas superficiales que se distribuyen en los continentes. Los ambientes límnicos o dulceacuícolas formados por aguas dulces son cuerpos acuáticos continentales que pueden agruparse en lóticos o lénticos de acuerdo al movimiento de sus aguas. Los ambientes lóticos, son aquellos que presentan corriente corresponde a ríos, arroyos y arroyuelos. Los ambientes lenticos presentan aguas sin corriente, detenidas o estancadas, entre ellos figuran los lagos, lagunas y charcas. (Ramírez, A. diciembre 2010).

Los acuíferos son una formación o grupo de formaciones geológicas situadas por debajo del suelo capaces de almacenar y suministrar agua en cantidades suficientemente grandes como para ser económicamente explotables. Las formaciones que no transmiten ni almacenan agua se denominan acuífugos. Las formaciones geológicas que solamente almacenan agua pero que no la transmiten en cantidades significantes se llaman

acuicludos. La etapa de más larga duración del ciclo hidrológico concluye en el momento en que el agua subterránea emerge a la superficie o descarga en las masas de agua superficiales. El agua infiltrada que llega a los acuíferos puede ser descargada de varias maneras: transpiración de las plantas, manantiales y descarga artificial.

Un manantial es una descarga natural de agua en la superficie del suelo lo suficientemente grande como para constituir un pequeño riachuelo. Una descarga de agua menor se denomina zona de manantío o zona de rezumo.

Un lago es básicamente una depresión en la superficie de la tierra que se ha llenado con agua y que está desconectada del océano. La depresión en la cual se acumula el agua para formar un lago se denomina cubeta lacustre, es decir, los límites físicos del lago consistentes en las paredes y el fondo del mismo. La región sobre la cual drena el agua que finalmente llega a los lagos se denomina cuenca de drenaje o cuenca de recepción. Aguilar, V. (2003).

Esta agua puede drenar directamente al lago o pasar a través de un sistema recolector constituido por ríos y arroyos que desembocan finalmente en el lago. Además, varios lagos pueden existir en una misma cuenca de drenaje o pertenecer a la cuenca de drenaje de un lago a cotas más bajas. Un rómse se entiende como un canal natural por el que circula agua, y puede secarse o derramarse según sea el temporal.

Los ríos por sí solos constituyen un componente más del ciclo hidrológico. Alrededor del 30% del agua que cae en la tierra en forma de precipitaciones (lluvia y nieve) vuelve a los océanos del mundo por medio de los ríos. El retorno de esta agua a los océanos trae consigo el desgaste gradual de los continentes a lo largo de millones de años, por medio de los procesos de erosión y transporte de sedimentos y materiales que son en última instancia transportados hasta los mares. (Alcocer, D. (2000).

Cauce o corriente es un canal natural que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse. Cuando las corrientes estén sujetas a desbordamientos se considera como cauce natural, mientras que no se construyan obras de entrecruzamiento.

### 1.2.6. Calidad del agua dulce

El agua dulce en el mundo constituye un recurso escaso amenazado y en peligro. De acuerdo con los estudios sobre los balances hídricos del planeta, solamente el 0.007% de las aguas dulces se encuentran realmente disponibles a todos los usos humanos directos. De esta pequeña porción dependen procesos sociales vitales. Las más recientes evaluaciones de especialistas y organizaciones internacionales conectadas con los problemas del agua, sugieren que para el año 2025 más de las dos terceras partes de la humanidad sufrirán de algún estrés por la falta de este líquido. (Toledo A. 2007).

Es indiferente que la falta de calidad se deba a causas naturales (el agua contendrá impurezas) o artificiales (el agua contendrá contaminación). Otro punto de vista sobre la calidad del agua se identificaría con su estado natural, y la “pérdida de calidad” vendría medida por la distancia a ese estado. En este sentido relativo, se podría decir que un medio está contaminado cuando la composición o el estado del agua están modificados, directamente o indirectamente, por el hombre, de modo que se presta menos fácilmente a todos o algunos de los usos para los que podría servir en su estado natural. Se trata, pues, de calibrar la modificación inducida a partir de un punto de referencia que puede ser relativo - el estado natural - o absoluto - normativa de calidad.

En calidad de aguas se usan, a menudo, como equivalentes, una serie de términos que no lo son plenamente y que conviene precisar. Para ello se dan a continuación definiciones sugeridas por la UNESCO-OMS (1978): (Catalán, J. 1987).

- **Criterio:** estimación científica sobre la que puede basarse un juicio sobre la calidad del agua para un determinado uso.
- **Estándar:** valor límite de contaminación establecido legalmente para un cierto parámetro de calidad de agua.
- **Objetivos:** conjunto de niveles de contaminantes o de parámetros de calidad que deben conseguirse en un programa de tratamiento o mejora de la calidad del agua.
- **Muestreo:** observación y medición, estandarizadas.
- **Vigilancia:** observación y medición continuas y específicas, relativas al control o gestión.

El estudio de la calidad del agua especialmente la superficial es un tema de consideración muy reciente en nuestro país, no tanto en otros países de la CE (comunidad europea) que lo han abordado hace ya algunos años. Y esta circunstancia es más notoria cuando se refiere al agua pre potable, esto es, la destinada al consumo humano. En efecto, mientras que en los países del norte de Centroamérica se han preocupado antes de las características fisicoquímicas del agua consumida y de sus implicaciones sobre la salud de la población, en los países del sur de la Centroamérica han estado tradicionalmente más preocupados por la cantidad del agua disponible y de sus problemas derivados captación, localización donde recursos hídricos, gestión, demanda, uso, nivel de precios, etc. dada su habitual carestía. (Casino, E. 2004)

Warren define calidad del agua como: "Cualquier límite fijado de variación o alteración del estado del agua, juzgado expertamente, en base a datos científicos, para el cual no hay ningún tipo de efectos, generalmente adversos, en su uso por el hombre o para los organismos que lo habiten"

La calidad del agua según su uso se definirá, pues, en función de un conjunto de características fisicoquímicas o variables, así como de sus valores de aceptación o de rechazo: son los indicadores de la calidad del agua. Aquellas aguas que cumplan con los estándares preestablecidos para el conjunto de variables o características consideradas serán aptas para la finalidad a la que se las destina. En caso contrario, deberán ser diferentes categorías de clasificación de calidad, atendiendo a la existencia de características fisicoquímicas con valores inadmisibles o, simplemente, mejorables.

Una clasificación de los indicadores de la calidad del agua para el consumo humano, utilizada por la Agencia de Protección de Medio Ambiente de los Estados Unidos, distingue entre indicadores primarios y secundarios. Los primarios los componen cuatro grupos:

1. Productos químicos inorgánicos (presencia de metales y compuestos).
2. Productos químicos orgánicos (por ejemplo, pesticidas).
3. Sustancias radioactivas.
4. Microorganismos.

En cuanto a los indicadores secundarios, hacen referencia a aspectos estéticos (color, turbidez, olor, sustancias en suspensión, etc.).

La calidad del agua no es una característica absoluta, sino que depende del uso al que vaya a destinarse el líquido. Factores como los usos del suelo, la cantidad de agua utilizada por las poblaciones humanas, las industrias asentadas en la cuenca y el tratamiento que se le da antes de ser vertida en los cuerpos de agua influyen en la calidad del agua de los ríos y lagos. (Sánchez, M. 2004).

La calidad del agua está determinada por un conjunto de variables físicas, químicas y biológicas y por la presencia de organismos coliformes fecales y totales. En particular, el agua para consumo humano es la que debe cumplir con estándares más exigentes en cuanto a parámetros bacteriológicos, dada su capacidad de transportar microorganismos transmisores de enfermedades.

A continuación, se describen los parámetros que se realizaron en este proyecto que son análisis físico-químicos.

## **1.2.7. Parámetros físicos y químicas**

### **1.2.7.1. Turbidez**

Es una característica fundamental para el control de los tratamientos del agua en las plantas potabilizadoras o estaciones de tratamiento de agua potable siendo una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión, (Crites & Tchoganoglous, 2000), así mismo la claridad del agua se mide mediante la cantidad de sólidos como arena, arcilla y otros materiales en el agua.

Mientras más sucia parece el agua más alta es la turbidez. Según la Organización Mundial para la Salud (OMS), la turbidez del agua para consumo humano no debe ser más, en ningún caso, de 5 NTU, y estará idealmente por debajo de 1 NTU (OMS, 2003).

### **1.2.7.2. Temperatura**

Es un parámetro muy importante sobre el desarrollo de la vida acuática, así como la aptitud del agua para ciertos usos útiles. La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico como el pH, déficit de oxígeno y conductividad eléctrica, (Sierra, 2011), de igual manera La importancia de la temperatura se basa en el oxígeno que es menos soluble en agua caliente que en agua fría. Los riesgos de las temperaturas elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de microorganismos, 30 plantas acuáticas y hongos, como La temperatura normal de agua de pozo es menor a 25°C y en el agua potable es entre 10 a 15°C (Spellman, 2007).

El parámetro más común de evaluación de calidad del agua es la temperatura ya que impacta las características biológicas y químicas de las aguas superficiales. Afecta los niveles de oxígeno disuelto en el agua, la fotosíntesis de plantas acuáticas, afecta también el metabolismo de los organismos y la sensibilidad de estos organismos a la contaminación, parásitos y enfermedades (Brooks, 1996).

### **1.2.7.3. Color**

Se debe a las partículas en suspensión y disueltas, las algas pueden provocar un color verdoso, mientras que la presencia de formas solubles de hierro y manganeso le da un tono de amarillo a pardo, los desechos de cromato le da color amarillento, la presencia de color es indicador de calidad deficiente, (Sierra, 2011), mientras tanto Toda agua potable debe ser transparente y no poseer partículas insolubles en suspensión como limo, arcilla, materia mineral, algas, etc. Si el agua es turbia son rechazadas por el consumidor y por tanto no son recomendables para el consumo humano, a pesar que fuesen potables a nivel químico y microbiológico.

Para el agua turbia la eficacia de la desinfección mediante cloro es menor ya que las partículas en suspensión, inorgánicas y orgánicas del plancton, engloban bacterias y virus que el cloro no destruye (Crites & Tchoganoglous, 2000).

### **1.2.7.4. Sólidos totales disueltos**

Sólidos disueltos totales (TDS).- Los sólidos disueltos totales (SDT) comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos,



cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Los SDT presentes en el agua de consumo proceden de fuentes naturales, aguas residuales, escorrentía urbana y aguas residuales industriales. Las sales empleadas en algunos países para eliminar el hielo de las carreteras también contribuyen a aumentar el contenido de SDT en el agua de consumo. Debido a las diferentes solubilidades de diferentes minerales, las concentraciones de SDT en el agua varían considerablemente de unas zonas geológicas a otras. (MINSAs, 2010).

#### **1.2.7.5. Oxígeno disuelto**

Este parámetro hace referencia a la cantidad disuelta de oxígeno en el agua. Las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida (MINSAs, 2010).

El oxígeno es el componente más importante en la superficie de la misma para los procesos de autodepuración y la vida acuática. Los niveles de oxígeno disuelto (OD) en aguas naturales dependen de la actividad física, química y bioquímica del sistema. El análisis de OD es una prueba clave en la contaminación del agua, ya que los niveles de OD condicionan la actividad tanto aeróbica como anaerobia de los organismos presentes en el cuerpo de agua, la concentración y porcentaje de saturación de oxígeno dependen de la temperatura del agua, salinidad y de la presión atmosférica. El problema de bajos niveles de oxígeno disuelto se magnifica cuando el ritmo del metabolismo de las plantas acuáticas se incrementa por consecuencia del incremento de la temperatura, incrementando así su demanda biológica de oxígeno (Fogler, 1992).

#### **1.2.7.6. pH o potencial de hidrógeno**

La determinación del potencial de hidrógeno (pH) en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad. Si el pH es menor de 7.0 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un valor mayor de 7.0 muestra una tendencia hacia lo alcalino (Sierra, 2011), al mismo tiempo La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico

debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. El valor del pH en el agua es utilizado cuando nos interesa conocer su tendencia corrosiva o incrustante (Brooks, 1996).

#### **1.2.7.7. Nitratos**

En cuanto a los nitratos debido a su amplia utilización como abono agrícola también se pueden encontrar sobre todo en las aguas subterráneas en concentraciones excesivas por lo que han perdido gran parte de su valor como indicadores de contaminación fecal a largo plazo, (Severiche y González, 2012), así mismo cabe mencionar que es el estado más oxidado del amonio lo que hace pensar que un agua con nitratos es un agua que fue contaminado hace tiempo (Miranda, 2000).

#### **1.2.7.8. Dureza**

La dureza del agua se define como la concentración de todos los cationes metálicos no alcalinos presentes (iones de calcio, estroncio, bario y magnesio en forma de carbonatos o bicarbonatos) y se expresa en equivalentes de carbonato de calcio y constituye un parámetro muy significativo en la calidad del agua. Un agua “dura” simplemente significa, que contiene más minerales que un agua normal. Hay especialmente minerales de calcio y magnesio. El grado de dureza de un agua aumenta, cuanto más calcio y magnesio hay disuelto. Magnesio y calcio son iones positivamente cargados. Debido a su presencia, otros iones cargados positivamente se disolverán menos fácil en el agua dura que en el agua que no contiene calcio y magnesio. Esta cantidad de sales afecta la capacidad de formación de espuma de detergentes en contacto con el agua y presenta una serie de problemas de incrustaciones en equipo industrial y doméstico, además de resultar nociva para consumo humano (Brooks, 1996).

En el mundo existen una serie de clasificaciones del agua respecto a su contenido de dureza, siendo una de las más utilizadas la de la Organización Mundial de la Salud (OMS) esquematizada en la Tabla 1.

**Tabla 1***Clasificación de aguas según el grado de dureza*

CaCO <sub>3</sub> (mg/L)	Tipo de agua
0 - 60	Blanda
61 - 120	Moderadamente dura
121 - 180	Dura
>180	Muy dura

Fuente: OMS 2003

**1.2.7.9. Conductividad**

El agua pura tiene muy poca conductividad, por lo que la medida de la conductividad de un agua nos da una idea de los sólidos disueltos en la misma. La conductividad eléctrica nos indica la presencia de sales en el agua, lo que hace aumentar su capacidad de transmitir una corriente eléctrica, propiedad que se utiliza en mediciones de campo o de laboratorio, expresadas en  $\mu\text{mho/cm}$  (MINSA, 2010).

**1.2.8. Normas vigentes de calidad del agua potable en el Perú**

La accesibilidad del agua para consumo humano es una necesidad básica y además es un derecho fundamental para la existencia de todo ser vivo (SUNASS, 2004) los requisitos indispensables para hacer cumplir este derecho es que tengan valores normales de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológico en tal sentido desde el año 2010, se cuenta con el “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano”, este reglamento no solo establece límites máximos permisibles para el agua potable, sino incluye las nuevas responsabilidades que deberán cumplir los Gobiernos Regionales, referente a la Vigilancia de la Calidad del Agua para el Consumo humano (Dirección General de Salud Ambiental , 2010). El Decreto Supremo No. 031-2010-SA, anexa los parámetros microbiológicos, parasitológicos y organolépticos con las que deben de cumplir las muestras de agua potable, los cuales se presentan en las siguientes tablas:

**Tabla 2**

*Límites máximos Permisibles de los Parámetros de calidad del agua para consumo humano.*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades de Medida</b>	<b>Límites Máximos Permisibles</b>
Olor	.....	Aceptable
Sabor	.....	Aceptable
Color	UCV escala pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
pH	Valor de pH	6.5 a 8.5
Conductividad (25°C)	Umho/cm	1500
Sólidos totales disueltos	Mg/l-1	1000
Cloruros	mg cl-L-1	250
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> - L-1	250
Dureza Total	mg CaCo <sub>33</sub> L-1	500
Amoniaco	mg N L-1	1.5
Hierro	mg FeL-1	0.3
Magnesio	mg Mn L-1	0.4
Aluminio	mg Al L-1	0.2
Cobre	mg Cu L-1	2.0
Zinc	mg Zn L-1	3.0
Sodio	mg Na L-1	200

UCV: Unidad de color verdadero.

UNT: Unidad nefelométricas de turbiedad.

(Fuente: Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS.N°0312010-SA Aprobado el 24 de septiembre del 2010).

### **1.2.9. Control y vigilancia de la calidad del agua**

La calidad del agua para consumo humano tiene una fuerte incidencia en la salud de las persona como consecuencia de que sirve como vehículo de muchos microorganismos de origen gastrointestinal y que son patógenos para el hombre y que estos están presentes en el agua como bacterias y virus y en menor cuantía a los parásitos, la calidad microbiológica del agua de consumo humano es de gran importancia por el cual es considerado como un indicador bacteriano a los coliformes totales y fecales el cual se debe de dar prioridad dentro de las políticas de abastecimiento de agua ( Organización Mundial de la Salud, 2006).

### **1.2.10. Salud pública y calidad del agua**

El agua es con frecuencia una fuente potencial de enfermedades infecciosas y también de intoxicaciones químicas, por consiguiente, el factor individual más importante para asegurar la salud pública: los métodos que normalmente se emplea para determinar la calidad de agua depende de técnicas microbiológicas y químicas estandarizadas. Incluso cuando el agua parece totalmente limpia y transparente puede estar contaminada con microorganismos patógenos y constituir un serio problema para la salud. No resulta práctico analizar el agua para cada organismo patógeno que pueda estar presente en un determinado abastecimiento de agua, la presencia de unos cuantos microorganismos no patógenos en lo general tolerable, e incluso inevitable. Sin embargo, los suministros de agua deben ser analizados en cuanto a la presencia de microorganismos indicadores específicos cuya existencia señala una posible contaminación, (Madigan, 2012).

## **1.3. Bases legales**

### **1.3.1. Constitución Política del Perú (1993).**

La Constitución Política del Perú constituye, dentro del ordenamiento jurídico, la norma legal de mayor jerarquía e importancia dentro del Estado Peruano. En ella se resaltan los derechos fundamentales de la persona humana, como son el derecho de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida.

### **1.3.2. Ley General de Salud - Ley N° 26842.**

Esta Ley establece que la salud es condición indispensable del desarrollo humano y medio fundamental para alcanzar el bienestar individual y colectivo. Por tanto, es responsabilidad del Estado regularla, vigilarla y promoverla.

#### **En el Artículo 103°**

Se indica que la protección del ambiente es responsabilidad del Estado y de las personas naturales y jurídicas, los que tienen la obligación de mantenerlo dentro de los estándares que, para preservar la salud de las personas, establece la Autoridad de Salud competente.

**En el Artículo 104°**

Se señala que toda persona natural o jurídica está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua, el aire o el suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente.

**En el Artículo 105°**

Se encarga a la Autoridad de Salud competente, la misión de dictar las medidas necesarias para minimizar y controlar los riesgos para la salud de las personas derivados de elementos, factores y agentes ambientales, de conformidad con lo que establece, en cada caso, la ley de la materia.

**1.3.3. Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D.S N°031-2010**

El presente reglamento contempla:

- La gestión de la calidad del agua.
- La vigilancia sanitaria del agua.
- El control y supervisión de la calidad del agua.
- La fiscalización, las autorizaciones, registros y aprobaciones sanitarias respecto a los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano.
- Los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano.
- La difusión y acceso a la información sobre la calidad del agua para consumo humano.

**1.3.4. Título II Gestión de la Calidad del Agua para Consumo Humano**

Dentro de las entidades para la gestión de una buena calidad de agua para consumo humano en la población el artículo 8° le corresponde según sus competencias a las instituciones del estado como el ministerio de salud Ministerio de vivienda y construcción de saneamiento, gobiernos locales, gobiernos provinciales y distritales, proveedores de agua para consumo humano, organizaciones comunales y civiles, así como los representantes de la comunidad.

### **1.3.5. Título II de la Autoridad Competente para la Gestión de la Calidad del Agua para Consumo Humano.**

#### **Artículo 9°**

Contempla que la autoridad nacional del ministerio de salud a través de las Direcciones ejecutivas de salud Ambiental son las que deben de hacer cumplir estrictamente las normas técnicas que son de sus competencias a las cuales se menciona:

1. Diseñar la política nacional de calidad del agua para consumo humano.
2. Normar la vigilancia sanitaria del agua para consumo
3. Normar los procedimientos técnicos administrativos para la autorización sanitaria de los sistemas de tratamiento del agua para consumo humano previsto en el Reglamento.
4. Elaborar las guías y protocolos para el monitoreo y análisis de parámetros físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano.
5. Normar los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano.
6. Normar el procedimiento para la declaración de emergencia sanitaria por las Direcciones Regionales de Salud respecto de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano.
7. Supervisar el cumplimiento de las normas señaladas en el presente Reglamento en los programas de vigilancia de la calidad de agua para consumo humano en las regiones.
8. Otorgar autorización sanitaria a los sistemas de tratamiento de agua para consumo humano de acuerdo a lo señalado en la décima disposición complementaria, transitoria y final del presente reglamento; el proceso de la autorización será realizado luego que el expediente técnico sea aprobado por el ente sectorial o regional competente antes de su construcción.

#### **Artículo 12°.- Gobiernos Locales Provinciales Distritales**

Los gobiernos locales provinciales y distritales están facultados para la gestión de la calidad del agua para consumo humano en sujeción a sus competencias de ley, que se detallan a continuación:

1. Velar por la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano.

2. Supervisar el cumplimiento de las disposiciones del presente Reglamento en los servicios.
3. Disponer las medidas que sean necesarias en su sector, a consecuencia de la declaratoria de emergencia sanitaria del abastecimiento del agua por parte de la autoridad de salud de la jurisdicción, para revertir las causas que la generaron.
4. Generar las condiciones necesarias para el acceso a los servicios de agua en niveles de calidad y sostenibilidad en su prestación, en concordancia a las disposiciones sanitarias, en especial de los sectores de menores recursos económicos de agua para consumo humano de su competencia.
5. Informar a la autoridad de salud de la jurisdicción y tomar las medidas que la ley les faculta cuando los proveedores de su ámbito de competencia no estén cumpliendo los requisitos de calidad sanitaria normados en el presente Reglamento; y Cooperar con los proveedores del ámbito de su competencia la implementación de las disposiciones sanitarias normadas en el presente Reglamento.
6. Lo señalado en los numerales 2 y 3 del presente artículo es aplicable para los gobiernos locales provinciales en el ámbito urbano y periurbano; y por los gobiernos locales distritales en el ámbito rural. Cuando se trate de entidades prestadoras de régimen privado el Gobierno Local deberá comunicar a la SUNASS para la acción de ley que corresponda.

## **1.4. Abastecimiento de agua**

### **Generalidades**

Todas las estructuras hidráulicas del sistema expuestas a deterioro, manipulación, contaminación y animales extraños, deberán llevar la protección necesaria.

#### **1.4.1. Fuente**

- a) A fin de definir la o las fuentes para el sistema se deberá realizar los estudios que incluyan identificación de fuentes alternativas, ubicación geográfica, topografía, rendimientos mínimos, variaciones anuales, análisis físico-químico y bacteriológico y descripción de la zona de recarga de la fuente.



- b) Se deberá contar con la factibilidad de uso de la fuente(s) seleccionada(s).
- c) La(s) fuente(s) de abastecimiento a utilizarse en forma directa o con obras de regulación, deberá(n) asegurar el caudal máximo diario para el periodo de diseño.
- d) La calidad de agua de la fuente, deberá satisfacer los requisitos establecidos en la legislación vigente.

### **1.4.2. Captación**

La captación se diseñará con el caudal máximo diario. Se diseñará con el caudal máximo horario cuando el caudal de la fuente sea mayor al caudal máximo diario requerido y no se considerará una estructura de regulación, previo un análisis económico.

En el diseño deberá considerar los otros usos de la fuente, para lo cual si fuera el caso se diseñará estructuras complementarias, evitando el riesgo sanitario al sistema.

#### **1.4.2.1. Aguas superficiales**

##### **a. Ríos y canales**

Las obras de captación se ubicarán en zonas libres de inundación en época de crecida, donde no ocasionen erosión o sedimentación y aguas arriba de posibles fuentes de contaminación.

Deberá contar con rejilla o malla para evitar el ingreso de materiales gruesos y dispositivos para control del caudal de ingreso.

En caso de emplear balsas flotantes, deben ubicarse de tal modo de evitar su arrastre por la corriente de agua. Se deberá diseñar el tipo de anclaje adecuado considerando las variaciones del nivel de agua, así como la protección necesaria contra elementos flotantes.

En todos los casos, la captación deberá asegurar el ingreso del caudal suficiente de agua durante la época de estiaje.

b. Lagos o embalses

La toma deberá ubicarse en la ribera donde se minimicen los riesgos de contaminación, y a una profundidad que impida succionar los sedimentos del fondo o materiales de la superficie.

**1.4.2.2. Aguas subterráneas**

**1.4.2.2.1. Sistema Convencional**

a) Manantiales

La estructura de captación se construirá de material impermeable, para obtener el máximo rendimiento de la fuente.

Se deberá tener presente las variaciones de nivel de la fuente con relación al ingreso a la caja, para mantener una captación permanente de agua.

Deberá contar con canales de drenaje de coronación para evitar la contaminación por las aguas superficiales y se construirá un cerco perimétrico de protección.

Se diseñará con todos los accesorios necesarios para la operación y mantenimiento, dotándosele de todas las protecciones sanitarias.

b) Pozos perforados

La elección y ubicación del ó los pozos deberá ser fijada en base a información y evaluación referente al rendimiento de los pozos existentes, años de producción, calidad del agua y las variaciones estacionales del nivel de agua.

Se priorizará la rehabilitación de pozos existentes.

c) Pozos Excavados

La elección y ubicación del o los pozos, deberá ser determinada por las características de los pozos existentes o por estudios realizados en un pozo de prueba.

Se considerará el número de pozos necesarios para el sistema, de acuerdo con el caudal de diseño.

Se ubicará(n) en zonas no inundables, considerándose los procesos constructivos.

Cada pozo se deberá diseñar para obtener el mayor rendimiento del acuífero, considerándose la protección contra posible contaminación por aguas superficiales, infiltraciones, riego agrícola, residuos sólidos y otros

La profundidad del pozo excavado se determinará en base a la profundidad del nivel estático de la napa y de la máxima profundidad que técnicamente se pueda excavar por debajo del nivel estático.

El revestimiento del pozo excavado deberá ser con anillos de concreto tipo deslizante o fijo, ciego hasta el nivel estático y con aberturas por debajo de él. La distancia mínima entre un pozo de agua destinado a consumo humano y una letrina o un sistema de percolación será de 25 m. El pozo de agua se ubicará en una cota superior con respecto al pozo de la letrina.

#### d) Galerías filtrantes.

Serán diseñadas de acuerdo al corte geológico, obtenido mediante pruebas y estudios del rendimiento del acuífero.

Se ubicarán en forma transversal o longitudinal de tal modo que permitan el máximo aprovechamiento de la corriente de agua subterránea, y a una profundidad no menor de 2 m de la clave de la tubería.

El diámetro mínimo de la tubería recolectora perforada será de 100 mm. La tubería estará recubierta con grava clasificada y luego con material de relleno clasificado hasta el nivel del terreno natural.

La zona de captación deberá estar adecuadamente protegida para evitar la contaminación de las aguas y la presencia de animales y/o personas.

### **1.4.2.2.2. Sistema no convencional**

#### a) Manantial protegido

La captación deberá cumplir con los mismos requisitos establecidos para captación de manantiales en sistemas convencionales.

En caso de fuente de escaso rendimiento, la estructura de captación se construirá para captar el total del rendimiento de la fuente.

#### b) Pozo equipado con bomba manual

El pozo deberá cumplir con los mismos requisitos establecidos para captación de pozos excavados en sistemas convencionales.

Para este tipo de sistema se considerará el número de pozos necesarios para el sistema, de acuerdo al grado de dispersión de la población. Asimismo, se deberá indicar los niveles de agua y la producción de cada pozo.

#### c) Pozo equipado con bombas accionadas por energía eólica

La capacidad de bomba eólica no deberá sobrepasar la producción de la fuente de agua.

Para realizar la selección y ubicación de las bombas con energía eólica, deberá verificarse la dirección y velocidad promedio anual del viento.

### **1.4.2.2.3. Otro tipo de Fuente no convencional**

#### Agua de lluvia

En aquellas zonas donde no se disponga de fuentes apropiadas y la intensidad de la lluvia sea adecuada, se podrá disponer su captación para su uso temporal.

## **1.4.3. Obras de conducción**

Serán diseñadas para conducir el caudal máximo diario y estará comprendida desde la **captación hasta la planta de tratamiento o reservorio.**

### **1.4.3.1. Captación**

#### **1.4.3.1.1. Captación de manantiales**

##### **1.4.3.1.1.1. Descripción**

La captación de manantiales se realiza mediante una estructura de concreto armado, conformado por 2 cajas, siendo la primera para el ingreso del agua y la segunda como caja de válvulas. Ambos deben tener tapas metálicas herméticas.

La caja de ingreso deberá tener orificios que permiten el ingreso del agua a la caja y tener un relleno de grava entre la caja y el terreno donde se ubica el manantial.

El objetivo es que el agua ingrese a la caja lo más directamente posible sin recibir contaminación del medio ambiente.

De acuerdo al caudal de captación DIGESA clasifica las cajas de captación en 3 tipos, con dimensiones de acuerdo al caudal.

Tipo	Caudal (l/seg.)
C – 1	Hasta 2.5
C – 2	0.7 – 0.8
C - 3	Hasta 6

#### 1.4.3.1.1.2. Componentes de la estructura

- Caja de captación y caja de válvulas.
- Rejilla en la entrada de la tubería.
- Vertedor de excedencias y tubería de limpia.
- Válvulas para línea de conducción y tubo de limpieza.
- Zanja perimetral para interceptar escurrimiento al manante y caja.
- Tubo de ventilación.
- Tapas de las cajas de 0.80 x 0.60m con cierres herméticos.
- En manantes dispersos utilizar galerías colectoras hasta la caja.
- Cerco perimétrico.

#### 1.4.3.1.2. Captación de aguas subterráneas

##### 1.4.3.1.2.1. Descripción

Un sistema de captación de aguas subterráneas está conformado normalmente por los siguientes componentes:

- a) Pozo de explotación, que puede ser artesanal o tubular.
- b) Caseta de bombeo, que incluye bomba y accesorios.
- c) Generación de energía, que puede ser de acuerdo al caso molino de viento (Eólico), motor diesel o gasolinera, acometida eléctrica o paneles solares.

d) Línea de impulsión, que es la tubería del pozo al reservorio.

#### 1.4.3.1.2.2. Pozas artesanales

##### a) Descripción

Se utilizan cuando el acuífero a captar se ubica a menos de 20 m. que es la profundidad máxima que se puede llegar con este tipo de pozos.

Normalmente son pozos excavados manualmente y luego revestidos con anillos prefabricados de concreto simple o concreto armado de a 10 a 5 cms de espesor, de acuerdo al caso y con una altura de 0.50 m, para facilitar su manipulación.

Los anillos que están en contacto con el acuífero deberán tener orificios para el ingreso del agua al pozo.

El diámetro interno de los anillos debe ser 1.20 m. para facilitar el ingreso al pozo para su mantenimiento. El diámetro de excavación del pozo debe ser mínimo de 1.60 m.

El espacio entre el anillo con orificios debe llenarse con grava como material filtrante. Es recomendable que el revestimiento del pozo sobresalga por lo menos 0.5 m. de la superficie del terreno, para evitar que el agua de escorrentía ingrese al pozo.

El pozo debe tener una tapa removible para su mantenimiento y una escalera de acceso.

Fuente de contaminación	Distancia de seguridad (m)	
	Terreno común	Suelos gravosos
Tanque séptico	20 - 30	100
Alcantarilla	20	-
Letrina	20 - 30	100
Corral	30 - 50	100
Curso de agua	30 - 50	100

**GTZ (Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua y Saneamiento en Zonas Rurales) recomienda:**

Distancia mínima entre letrina y fuente de 15 m. horizontalmente y del fondo del pozo de la letrina al nivel freático 1.5 m.

#### **1.4.3.1.2.3. Pozos tubulares**

##### **a) Descripción**

Se considera un pozo tubular cuando el acuífero se ubica a más de 20 m. de profundidad y se construye con equipo de perforación, siendo el más recomendable el de rotación versus el de percusión.

El lugar y profundidad del pozo se determinan previamente mediante estudios geofísicos, que también debe dar pautas sobre la calidad del agua y las consideraciones de diseño del pozo de acuerdo a la estratificación del terreno.

Durante la ejecución del pozo, se debe llevar un registro minucioso de la estratificación para el diseño del encamisado del pozo y la ubicación y características de los filtros.

En proyectos de agua potable rural los tubos que se utilizan son PVC – Clase 10, de 6 a 8 pulgadas de diámetro.

##### **b) Recomendaciones para su ubicación**

Se recomienda que el pozo debe estar a más de 5m. de canales, 15 m. de tanques sépticos y 50 m. de lagunas de tratamiento de aguas servidas.

##### **c) Recomendaciones para perforación y diseño**

Dado el grado de especialización de estos aspectos, recomendamos que ambos aspectos los realicen empresas especializadas en el tema.

#### **1.4.3.1.2.4. Caseta de bombeo**

##### **a. Descripción**

La caseta de bombeo lo conforma el edificio que protege el equipo de bombeo y sus accesorios. El equipo de bombeo, con energía eléctrica consistirá básicamente de la bomba sumergible, el tubo de bombeo, cable que soporta la bomba, el árbol hidráulico y el tablero de control.

En caso de bombas con energía diesel o gasolina comprenderá el motor, el dinamo y la bomba con sus accesorios antes indicados.

En cualquier caso, se deberá contar como mínimo con 2 unidades de bombeo, para su servicio alterno por manejo o mantenimiento.

La edificación debe tener un área mínima de 10 m<sup>2</sup>, construido de material noble y bajo las recomendaciones constructivas siguientes:

- Techo removible para izaje de componentes del pozo durante su reparación o mantenimiento si la caseta se ubica en el pozo.
- Debe ubicarse en zona segura contra inundaciones y hurtos.
- El área debe ser suficiente para el equipamiento, operación y mantenimiento cuando la energía es diesel o gasolina, debe considerarse un almacén adjunto para el combustible.
- Ventilación adecuada e iluminación natural.
- Pozo a tierra y pararrayos cuando la energía es eléctrica.

#### **b. Ubicación de la caseta**

Se recomienda ubicar la caseta al costado del pozo y no directamente sobre el pozo por las consideraciones siguientes:

- En pozos artesanales se facilita las operaciones de mantenimiento.
- En pozos tubulares puede ocurrir asentamientos del terreno, alrededor del pozo que afectan la cimentación y estabilidad de la caseta. Esta situación resulta aún más crítica si encima de la caseta se ubica el tanque elevado del reservorio. Los asentamientos se producen por avenamiento del pozo, lo que ocasiona hundimientos alrededor del tubo, que trasmite hasta la superficie del terreno.

#### **c. Información para la elección de la bomba**

- a. Balance entre demanda y oferta de agua. La oferta se determina con pruebas de bombeo, de acuerdo a tiempos de sustracción, caudales, niveles estáticos y dinámicos.



- b. Definición del caudal y tiempo de bombeo en horas por día.
- c. Altura de bombeo en base a las cotas de ingreso y salida y pérdidas de fricción de tubería de impulsión de acuerdo al caudal y diámetro de la tubería.
- d. Fuente de energía y eficiencia de las bombas de acuerdo a la altitud de la zona.

#### **d. Equipos**

##### Sistema Convencional

- a) El diseño de los equipos de bombeo, deberá considerar la siguiente información específica:
  - Caudal de bombeo.
  - Altura dinámica total.
  - Número y tipo de bombas.
  - Fuente de energía.
  - Esquema de funcionamiento de las bombas
  - Altura sobre el nivel del mar.
  - NPSH disponible en metros.
- b) Deberá considerarse así mismo, las tuberías, accesorios, válvulas, tableros y controles necesarios para el correcto funcionamiento del equipo de bombeo. En el caso de equipos accionados por energía eléctrica, deberán contar con pozo a tierra y pararrayos.
- c) Deberán considerarse como mínimo dos unidades de bombeo, con servicio alternado para garantizar un servicio continuo.
- d) Los equipos de bombeo serán accionados por motores eléctricos siempre y cuando no hayan interrupciones ó con motores de combustión (gasolina ó petróleo).

##### Sistema No Convencional

- a. Se recomienda en este caso utilizar equipos manuales ó mecánicos accionados con energía eólica y/o solar.

- b. En el caso de utilizar la energía eólica se recomienda hacer un estudio de los vientos predominantes, especialmente en aquellas zonas donde la velocidad es superior a los 8 km/hora que es la velocidad mínima para su funcionamiento. Para el caso de paneles solares, hacer un estudio de las horas de máxima incidencia solar y sensación térmica, y contemplar criterios técnicos para bombas accionadas por energía solar, que, en lo posible, tengan acumuladores.

#### 1.4.3.1.3. Captaciones de ríos y canales

##### a) Captación de río

En el diseño, deberá considerarse que los caudales de captación usualmente no serán mayores a 5 l/seg., por tanto, el diseño básico consistirá en:

- Defensa riberaña.
- Bocal con compuerta.
- Canal entre bocal y desarenador.
- Desarenador con vertedor de excedencias.
- Rejilla para ingreso de tubería.

En casos justificados se construirá un barraje en el río

La información básica para el diseño será:

- Área de la cuenca hidrográfica, altitud y precipitación pluvial mensual.
- Caudales medios y extremos mensuales.
- Transporte de sedimentos.
- Derechos de terceros sobre el agua.
- Fuentes de contaminación física, química y bacteriológica.
- Geología para la cimentación de las obras.
- Ubicación y características de agregados para las obras de concreto.
- Acceso a la zona de construcción.

##### b) Captaciones de canal

La captación del canal puede hacerse mediante un orificio en el muro lateral del canal, regulado con compuerta o válvula compuerta, para

luego ingresar al agua o un desarenador y de aquí a la línea de conducción con parrilla en el ingreso al tubo.

La información para el diseño será:

- Continuidad de conducción del agua en el canal en el año.
- Derecho de uso del agua para el agua potable.
- Calidad del agua (químico, físico y bacteriológico) / transporte de sedimentos.

### **1.4.3.2. Línea de conducción o impulsión**

#### **1.4.3.2.1. Descripción**

Es la línea que transporta el agua desde la captación hasta el punto de entrega, que usualmente es el reservorio de regulación, pero eventualmente puede ser la planta de tratamiento o puede ser directamente a la red de distribución cuando el caudal de conducción corresponde al caudal máximo horario, lo que hace innecesario el reservorio de regulación. Sólo se requiere un pequeño reservorio para la cloración.

#### **1.4.3.2.2. Recomendaciones para el diseño**

##### **a) Alineamiento**

La línea de conducción deberá tener un alineamiento que sea lo más recto posible y evitando zonas de deslizamiento o inundaciones. Debe evitarse también presiones excesivas mediante la construcción de cajas rompe presión y evitar contrapendientes y cuando este es inevitable usar válvulas de aire.

##### **b) Caudal de conducción**

El caudal de diseño usual corresponde al caudal máximo diario. Eventualmente caudal máximo horario si se tiene disponibilidad hídrica y se justifica económicamente esta solución, comparando el costo adicional por mayor diámetro de tubería y el ahorro de no construir el reservorio.

En el caso de las líneas de impulsión (bombeo) el caudal de diseño se obtendrá considerando el periodo de tiempo de bombeo por día.

**c) Clases de tubería**

Se usará tubería PVC de presión (clases 5, 7.5, 10 o 15) de acuerdo a las presiones requeridas, considerando que la presión de diseño debe ser el 80% de la nominal.

En el caso de sifones, se puede realizar una distribución de varias clases de tubería, de acuerdo al perfil de presiones.

El diámetro mínimo para la línea de conducción debe ser de 2".

**d) Velocidades**

Máxima 5 m/seg (en línea de impulsión 2 m/seg)

Mínima 0.5 m/seg

**e) Golpe de ariete**

En la línea de conducción deberá evitarse impedimentos de un flujo continuo como pueden ser curvas bruscas o válvulas, para evitar el golpe de ariete.

Nunca deberá colocarse una válvula de cierre en el punto de entrega de la línea de conducción.

**f) Dilatación**

Para evitar cambios bruscos de temperatura en la línea, que ocasionen problemas de dilatación, la tubería debe enterrarse. En casos de puentes en que la tubería estará expuesta a la intemperie deberá considerarse las juntas de jebes que absorban la dilatación.

**g) Instalación de válvulas**

Las válvulas deberán soportar las presiones de diseño y ser instalados en cajas de concreto con tapas metálicas aseguradas para evitar su manipuleo por extraños al manejo del sistema.

Las válvulas más usuales son:

- Válvula de compuerta

Se instalará al inicio de la línea para el cierre del agua en caso se requiera realizar reparaciones en la línea.

➤ Válvula de aire

Se utiliza para eliminar bolsones de aire en los lugares de contrapendiente, que de no eliminarse produce cavitaciones en la tubería. Se debe colocar en el punto más alto de la tubería.

➤ Válvulas de purga o limpia

Se utiliza en sifones, en el punto más bajo para eliminar sedimentos.

➤ Válvulas de retención

Se utiliza en línea de impulsión, para evitar el retroceso del agua, con el consiguiente vaciado del conducto y posibles daños a la bomba.

#### **h) Cajas de rompe presión (CRP)**

Estructuras de concreto armado para romper la presión hasta el punto de su ubicación e iniciar un nuevo nivel estático.

Debe tener entrada y salida del agua, tubería de aereación y tapa de control.

#### **i) Anclajes**

Son soportes de concreto para garantizar la inamovilidad de la línea.

Se requiere en los siguientes casos:

- Apoyo de tuberías expuestas a la intemperie.
- Cambios de direcciones verticales y horizontales.
- Lugares de disminución de diámetro.

### **1.4.3.3. Línea de aducción y distribución**

#### **1.4.3.3.1. Descripción general**

La línea de aducción es la línea entre el reservorio y el inicio de la red de distribución. El caudal de conducción es el máximo horario.

La red de distribución, es el conjunto de líneas destinadas al suministro de agua a los usuarios, que debe ser adecuada en cantidad y calidad. En poblados rurales no se incluye dotación adicional para combatir incendios.

Los parámetros de diseño de la línea de aducción serán los mismos que para la línea de conducción excepto el caudal de diseño.

#### **1.4.3.3.2. Red de distribución**

##### **1.4.3.3.2.1. Información básica para el diseño**

- Perímetro urbano actual y futuro.
- Ancho de frontis de las edificaciones por calles.
- Vías férreas, vehiculares, cursos de agua, puentes, etc.
- Planos de urbanización y pavimentación.
- Delimitación de zonas de presiones.
- Ubicación reservorio – cota.
- Sistema existente y ampliaciones.
- Definición de etapas.

##### **1.4.3.3.2.2. Recomendaciones para el diseño**

###### **a) Caudal**

Máximo horario (Q max. h)

###### **b) Tubería**

PVC de presión

Diámetro mínimo recomendado

Para líneas principales 2”.

Para líneas secundarias 1”.

###### **c) Velocidades**

Máxima: 2 m/seg.

Mínima: 0.5 m/seg.

###### **d) Ubicación**

- Las tuberías del sistema de distribución se instalarán a 1m. del borde de la acera o 1/3 de la calzada, a una profundidad mínima de 0.8 m.

- La separación entre las tuberías de agua potable y alcantarillado será de 3 m. en planta. En casos extremos puede tener una separación de 1.5 m. debiendo estar la tubería de agua potable como mínimo 0.3 m. por encima de la tubería de alcantarillado.

#### e) Válvulas

##### ➤ Válvulas compuerta

Se utilizará válvulas con vástago no deslizante, provistas de cabezal superior Standard, para todos los diámetros operables mediante llave T.

Se ubicarán en los siguientes lugares:

- Intersecciones de la red principal (como máximo cada 800 m. de longitud).
- Ramales de derivación importante.
- Puntos más bajos de la red, para purga o desagüe.

##### ➤ Válvulas de aire

Se ubicará en el lugar más alto de la contrapendiente para la purga del aire atrapado.

##### ➤ Válvula reductora de presión

Se utiliza para producir una carga de agua determinada, menor que la original y funciona independientemente del caudal que pase por ella.

#### f) Cámaras rompe presión (CRP)

Se utilizará para regular presiones de agua cuando el desnivel entre reservorio y la red es mayor a 50 m.

Se tiene CRP – tipo 6, cuando no tienen cierre de boya y CRP – tipo 7, cuando tiene boya de cierre.

Los componentes de los CRP son:

- Entrada con válvula de compuerta.
- Salida con canastilla.
- Tubería de ventilación.
- Tapa sanitaria con dispositivo de seguridad.

### **g) Anclajes**

Son de concreto y se utilizan en cambios de dirección y lugares de disminución de diámetro.

#### **1.4.4. Tratamiento de agua**

El tratamiento deberá tener como objetivo, la remoción de los contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos del agua, hasta que se encuentre dentro de los límites establecidos en las normas de calidad de agua para consumo humano vigentes.

La planta de tratamiento deberá tener la capacidad suficiente para tratar el caudal máximo diario.

Se dará preferencia a soluciones técnico-económicas más simples, en los aspectos constructivo y de operación y mantenimiento.

Para el diseño de los procesos específicos de tratamiento, se deberá considerar como referencia las guías de calidad de agua para consumo humano de la OMS vigentes. Y deberá estar diseñado por un ingeniero sanitario colegiado, con certificado de habilidad profesional.

#### **1.4.5. Reservorio**

En el Sistema de Agua, es la instalación destinada al almacenamiento de agua para mantener el normal abastecimiento en períodos de mayor consumo o por un determinado lapso, en eventuales interrupciones del Sistema.

##### **1.4.5.1. Recomendaciones de diseño**

###### **a) Tipo de reservorio**

- Apoyado, cuando se ubica sobre el terreno.
- Elevado, cuando se ubica sobre estructura de soporte.

###### **b) Objetivos**

El reservorio debe cumplir los siguientes objetivos:



- Suministrar el caudal máximo horario a la red de distribución.
- Mantener presiones adecuadas en la red de distribución.
- Tener agua de reserva en caso se interrumpa la línea de conducción.
- Proveer suficiente agua en situaciones de emergencia como incendios.

**c) Capacidad**

Se recomienda el 25% del volumen de abastecimiento medio diario (Q md). Esto equivaldría a un almacenamiento de 6 horas por día (aproximadamente 10 p.m. a 4 a.m.).

DIGESA recomienda 15% en proyectos por gravedad y 20% en proyectos con bombeo.

**d) Materiales de construcción**

Deben ser de concreto armado.

En reservorios pequeños se puede usar ferro-cemento, hasta un diámetro máximo de 5 m. y altura de 2 m. Hasta 5 m<sup>3</sup> se puede usar también reservorio de plástico.

**e) Forma**

Se recomienda el diseño circular por presentar la relación más eficiente de área/perímetro.

**f) Componentes**

El reservorio comprende el tanque de almacenamiento y la caseta de válvulas.

- El tanque de almacenamiento, debe tener los siguientes accesorios: Tubos de entrada, salida, rebose, limpia y ventilación.
- Canastilla de protección en tubo de salida.
- Tubo de paso directo (by – pass) para mantener el servicio durante el mantenimiento del reservorio.
- Tapa sanitaria y escaleras (externa e interna).

La caseta de válvulas, debe tener los accesorios siguientes:

- Válvulas para controlar paso directo (by pass), salida, limpia y rebose, pintados de colores diferentes para su fácil identificación.

- Tapa metálica con seguro para evitar su manipulación por extraños.

**g) Ubicación**

- La ubicación debe garantizar las presiones de diseño en la zona urbana actual y zonas de expansión.
- El reservorio debe ubicarse lo más próximos a la red de distribución, sobre todo a la zona de mayor consumo.
- Puede darse el caso de requerirse más de un reservorio en caso de dispersión de la población, sobre todo con cotas bastante diferenciadas o varios poblados con un solo sistema de conducción.
- La ubicación debe considerar la delimitación de zonas de presión (sección 2.3 – d), considerando básicamente las presiones admisibles de 50 mca de presión estática y de 10 mca dinámica en la red de distribución.

**1.4.6. Redes de distribución**

- La red de distribución se deberá diseñar para el caudal máximo horario.
- Para el análisis hidráulico del sistema de distribución se podrá utilizar el método de Hardy Cross, seccionamiento o cualquier otro método racional.
- Para el cálculo hidráulico de las tuberías se utilizará formulas racionales. En el caso de aplicarse la fórmula de Hazen Williams se utilizarán los coeficientes de fricción.
- El diámetro a utilizarse será aquel que asegure el caudal y presión adecuada en cualquier punto de la red. Los diámetros nominales mínimos serán: 25mm en redes principales 20mm en ramales.
- En cuanto a la presión del agua, debe ser suficiente para que el agua pueda llegar a todas las instalaciones de las viviendas más alejadas del sistema. La presión máxima será aquella que no origine consumos excesivos por parte de los usuarios y no produzca daños a los componentes del sistema, por lo que la

presión dinámica en cualquier punto de la red no será menor de 5 m. y la presión estática no será mayor de 50 m.

- El recubrimiento sobre las tuberías no debe ser menor de 1 m. en las vías vehiculares y de 0.80 m. en las vías peatonales.
- La distancia entre el límite de propiedad y el plano vertical tangente de la tubería no será menor de 0.8 m.

#### **1.4.6.1. Válvulas**

- La red de distribución estará provista de un mínimo número de válvulas de interrupción que permitan una adecuada sectorización y garanticen su buen funcionamiento.
- Se proyectará válvulas de interrupción en todas las derivaciones para ampliaciones.
- Toda válvula de interrupción deberá ser instalada en un alojamiento para su aislamiento, protección, drenaje y fácil operación.
- En los puntos de cotas más bajas de la red de distribución, en donde se pudieran acumular sedimentos, se deberán considerar sistemas de purga.

#### **1.4.7. Servicio al usuario**

##### **1.4.7.1. Conexión domiciliaria**

Para el proyecto, la conexión domiciliaria comprende desde el empalme de la matriz hasta el punto de entrega al usuario, incluyendo la batea.

La conexión domiciliaria deberá contar como mínimo los siguientes componentes:

1. Accesorios de empalme de 15 mm, a la red de agua.

2. Caja con válvula de control.
3. Tubería de alimentación
4. Válvula de interrupción
5. Batea con grifo.
6. Tubería de desagüe de 2" y pozo de drenaje.

#### **1.4.7.2. Pileta pública**

La distancia de acceso a los usuarios, será en promedio de 200 m. y en poblaciones dispersas hasta 300 m.

Se considerará como máximo 75 usuarios por grifo (equivalente a 15 familias)

La pileta pública deberá contar como mínimo con los siguientes componentes:

1. Accesorios de empalme de 20 mm, a la red de agua
2. Caja con válvula de control.
3. Pedestal de servicio para una adecuada utilización de grifo, con una estructura sólida de soporte.
4. Sistema de drenaje.

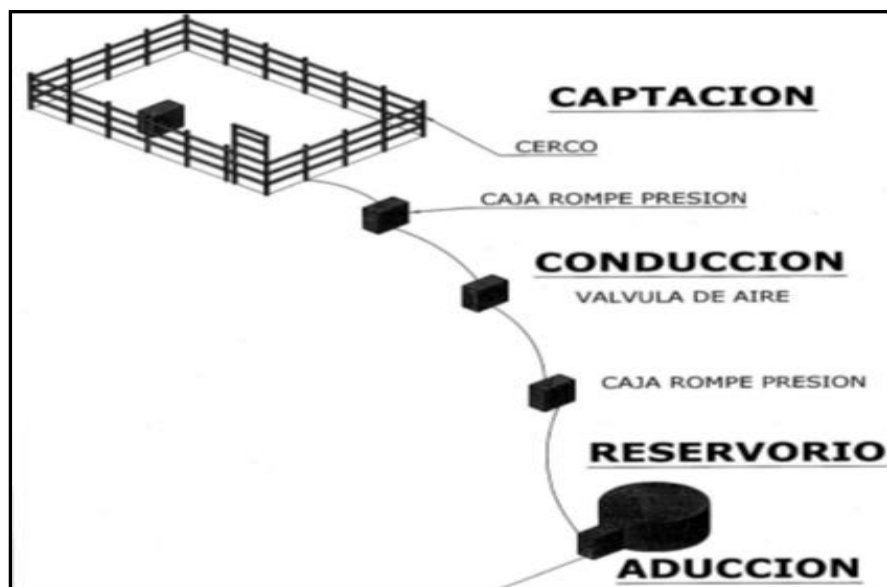
Cada vivienda abastecida por piletas públicas deberá contar con un sistema de drenaje para disponer sus aguas residuales.

Cada pileta pública tendrá un responsable de la administración y control de uso, con deberes y compromisos de los usuarios, todo lo cual debe estar incluido en la parte social y de capacitación respectiva.

#### **1.4.7.3. Bombas de funcionamiento manual**

El diseño de equipos de bombeo de operación manual, deberá hacerse en función del caudal de bombeo y la altura dinámica total.

Los equipos deberán instalarse sobre estructuras de tipo sanitario que evite la contaminación del agua del pozo.



*Figura 2:* Diseño de equipos de bombeo de operación manual

## 1.5. Criterios para la selección técnica de abastecimiento de agua

Los criterios para la selección de la opción técnica para el abastecimiento de agua potable, se refieren básicamente a aspectos técnicos, económicos, sociales y culturales.

### 1.5.1. Factores técnicos

- **Dotación**

Este factor está vinculado con el nivel de servicio y se han considerado los siguientes rangos:

- Mayor de 40 l/hab/día: provisión del servicio público de abastecimiento de agua mediante conexiones domiciliarias o en caso de un sistema que las combine con piletas públicas.
- De 20 a 40 l/hab/día: suministro comunitario a través de piletas públicas.
- En el caso de emplearse otras soluciones técnicas como pozos con bomba manual, sistemas cuya fuente es agua de lluvia, manantiales protegidos, se podrá considerar dotaciones menores de 20 lt/hab/día.
- Estos valores son referenciales e indican rangos de dotación que pueden ser variados en función de las condiciones culturales, económicas, climáticas, etc. del lugar de intervención.

- **Fuente**

Las fuentes de abastecimiento de agua se clasifican en función de su procedencia y facilidad de tratamiento como:

- Superficial: lagos, ríos, canales, etc.
- Subterránea: aguas subálveas y profundas.
- Pluvial: aguas de lluvia.

- **Rendimiento de la Fuente**

Determina la cantidad y disponibilidad de agua que puede ser destinada al abastecimiento, y permite definir el nivel de servicio al que puede acceder la comunidad a ser beneficiada.

- **Tipo de Fuente Subterránea**

Las aguas subálveas y profundas pueden ser captadas por medio de manantiales de ladera o de fondo, galerías filtrantes y pozos perforados o excavados.

- **Ubicación de la Fuente**

La fuente de agua puede estar ubicada por encima o por debajo de la localidad y permite definir si el abastecimiento es por gravedad o por bombeo.

### 1.5.2. Factores sociales

- **Categoría de la población**

Se considera como comunidad rural a las localidades cuya población sea menor a 2.000 habitantes.

- **Características de la población**

Están vinculadas con la distribución espacial de la población y puede ser:

- **Concentrada:** corresponde a viviendas agrupadas formando calles y vías que determinan un crecimiento con tendencia a un núcleo urbano.
- **Dispersa:** con viviendas distanciadas unas de otras y sin un orden de desarrollo preestablecido.

### 1.5.3. Factores económicos

- **Condición económica**

Es un factor que permite definir la opción técnica y el nivel de servicio, al afectar directamente el monto de inversión para la construcción del sistema y los gastos de administración, operación y mantenimiento. Teniendo en cuenta los niveles de ingresos económicos de las poblaciones a ser atendidas, la condición puede ser:

- **Baja:** Cuando los ingresos familiares corresponden a la mitad o menos del valor de la canasta familiar básica.
- **Medio:** Corresponde a ingresos familiares equivalentes entre la mitad y el valor de la canasta familiar básica.
- **Alta:** Cuando los ingresos familiares superen el valor de la canasta familiar básica.

## 1.6. Opciones técnicas en abastecimiento de agua

Soluciones de ingeniería que permiten el adecuado abastecimiento de agua a una comunidad

### 1.6.1. Sistemas convencionales

Son aquellos que brindan un servicio público de abastecimiento de agua mediante conexiones domiciliarias y/o piletas públicas, empleando un sistema de distribución de agua a través de redes.

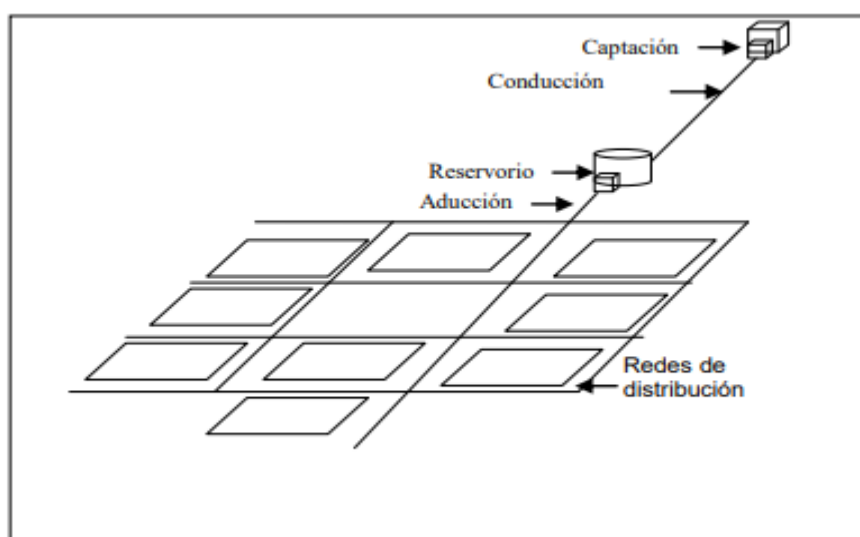
Conformado por uno o más de los componentes siguientes:

- Captación.
- Línea de conducción.
- Línea de impulsión.
- Planta de tratamiento.
- Estación de bombeo Reservoirio.
- Línea de aducción.
- Red de distribución.
- Conexiones domiciliarias.
- Piletas públicas.

### 1.6.1.1. Sistemas por gravedad

#### a. Sin tratamiento

Son sistemas cuyas fuentes son aguas subterráneas o subálveas. Las primeras afloran a la superficie del terreno bajo la forma de manantiales, y las segundas son captadas por medio de galerías filtrantes. La particularidad de este tipo de sistema de abastecimiento radica en la captación, que para casos de manantiales puede ser de ladera o de fondo, y para galerías filtrantes por drenes sub superficiales.



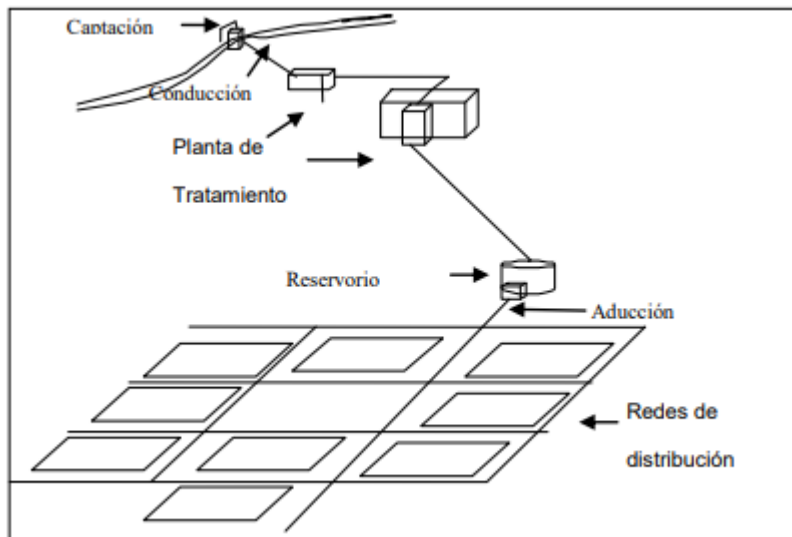
**Figura 3.** Sistema de abastecimiento de agua por gravedad sin tratamiento.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona agua segura a la población.</li> <li>• Mínima operación y mantenimiento.</li> <li>• No requiere de energía adicional o externa para su funcionamiento.</li> <li>• Generalmente implican menores costos de inversión.</li> <li>• Bajas cuotas familiares por el servicio.</li> <li>• Alta confiabilidad del sistema.</li> <li>• No requieren de tratamiento.</li> <li>• Bajo o nulo contenido de coliformes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por su origen, el agua puede tener un alto contenido de sales disueltas u otros compuestos químicos.</li> </ul>



## b. Con tratamiento

Las fuentes de estos sistemas son aguas superficiales que discurren por canales, acequias, ríos, etc.; y por tanto requieren ser tratadas. Estos tipos de sistemas están equipados con plantas de tratamiento, diseñadas en función de la calidad física, química y bacteriológica del agua cruda y del caudal requerido.



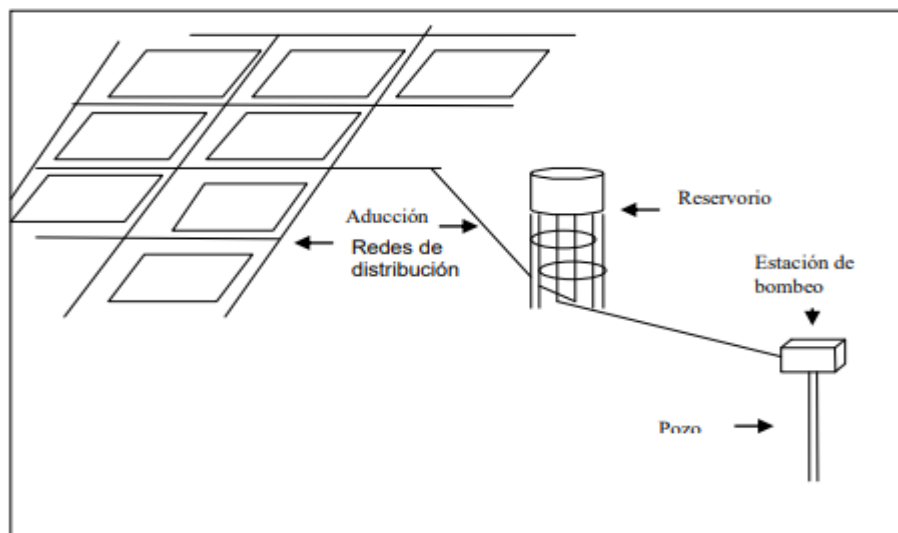
*Figura 4.* Sistema de abastecimiento de agua por gravedad con tratamiento.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No requiere de energía adicional o externa para su funcionamiento. Proporciona agua segura a la población</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere de personal capacitado para operar y mantener la planta de tratamiento.</li> <li>• Mayores costos de inversión por las estructuras de tratamiento.</li> <li>• Mayor costo de O &amp; M que los sistemas sin tratamiento, que inciden en la cuota familiar más elevada.</li> <li>• Si la operación y mantenimiento es deficiente, puede ser un medio de transmisión de enfermedades.</li> </ul>

### 1.6.1.2. Sistemas por bombeo

#### a) Sin tratamiento

Son sistemas cuyas fuentes de aguas subterráneas o subálveas afloran o se encuentran por debajo de la cota mínima de abastecimiento de la localidad a ser servida, demandando algún tipo de equipo electromecánico para impulsar el agua hasta el nivel donde pueda atender a la comunidad.

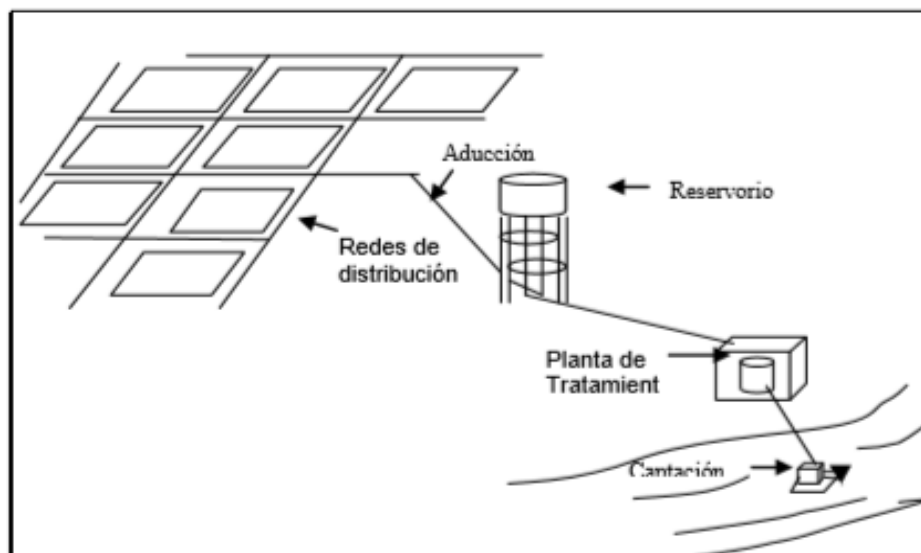


**Figura 5.** Sistema de abastecimiento de agua por bombeo sin tratamiento.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor riesgo a contraer enfermedades con el agua, por mejor calidad de la fuente. Proporciona agua segura a la población</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere de personal capacitado para operar y mantener el sistema.</li> <li>• Requiere elevada inversión para su implementación.</li> <li>• Las cuotas familiares del servicio son elevadas, debido a los mayores costos de O&amp;M.</li> <li>• Muchas veces el servicio se vuelve discontinuo a causa de la morosidad</li> </ul>

#### b) Con tratamiento

Son sistemas cuyas fuentes de agua son superficiales y están ubicadas por debajo del nivel de las localidades a ser atendidas, y que requieren de estaciones de bombeo para impulsar el agua hasta el nivel donde pueda atender a la comunidad, y de plantas de tratamiento, para el acondicionamiento de las aguas crudas para consumo humano.



**Figura 6.** Sistema de abastecimiento de agua por bombeo con tratamiento.

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona agua segura a la población</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere de personal capacitado para operar y mantener la planta de tratamiento y el sistema de bombeo.</li> <li>• Requiere de mayores costos de inversión y de operación y mantenimiento que otros sistemas convencionales.</li> <li>• Requiere elevada inversión para su implementación.</li> <li>• Las cuotas familiares por el servicio, son las más altas entre los diferentes sistemas convencionales de abastecimiento de agua.</li> <li>• Muchas veces el servicio se vuelve discontinuo a causa de la morosidad.</li> <li>• Sistemas convencionales de mayor complejidad.</li> </ul>

### 1.6.2. Sistemas no convencionales

Son sistemas de abastecimiento de agua sin redes, compuestos por soluciones familiares y/o multifamiliares. Normalmente demandan el transporte, almacenamiento y desinfección del agua en el nivel intradomiciliario.

Estas opciones técnicas pueden ser entre otras:

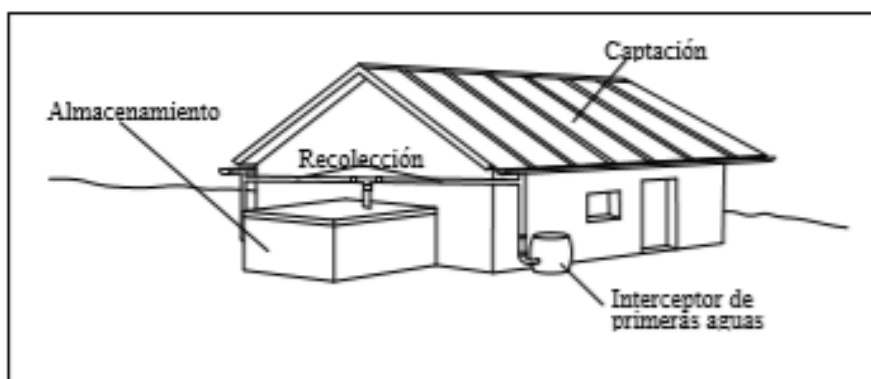
- Captación de aguas de lluvia.
- Filtros de mesa.
- Protección de manantiales.
- Pozos con bombas manuales.

### 1.6.2.1. Captación de aguas de lluvia

Corresponde a soluciones del tipo unifamiliar o multifamiliar, en donde las aguas de lluvia se captan en los techos de las viviendas y se almacenan en tanques. Para el consumo directo el agua debe ser desinfectada y, si las circunstancias lo requieren, previamente debe ser filtrada.

Los componentes de estos sistemas son:

- Captación.
- Canaletas de recolección.
- Interceptor de primeras aguas.
- Almacenamiento.

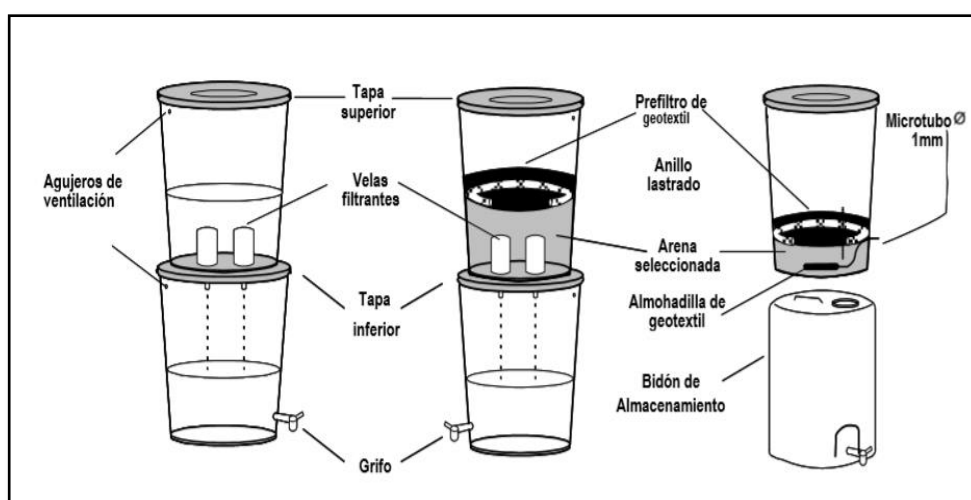


**Figura 7.** Captación de aguas de lluvia.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apropiado para comunidades con precipitación continua.</li> <li>• Se pueden utilizar recursos locales para su implementación.</li> <li>• Fácil de mantener por el usuario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No es un sistema permanente</li> <li>• Puede tener un alto costo inicial.</li> <li>• La cantidad de agua depende del área de recolección y de la intensidad de las lluvias.</li> <li>• Puede presentarse crecimiento de bacterias por el largo tiempo de almacenamiento.</li> <li>• Pueden requerir filtración.</li> </ul>

### 1.6.2.2. Filtros de mesa

Opción que trata pequeñas cantidades de agua superficial proveniente de ríos, acequias, etc., con turbiedades menores a 100 UNT y baja carga bacteriológica. Sin embargo, es recomendable que antes del consumo el agua sea sometida al proceso de desinfección. Normalmente, los filtros de mesa están compuestos por un recipiente que contiene el medio o los dispositivos filtrantes y un tanque de almacenamiento del agua filtrada.



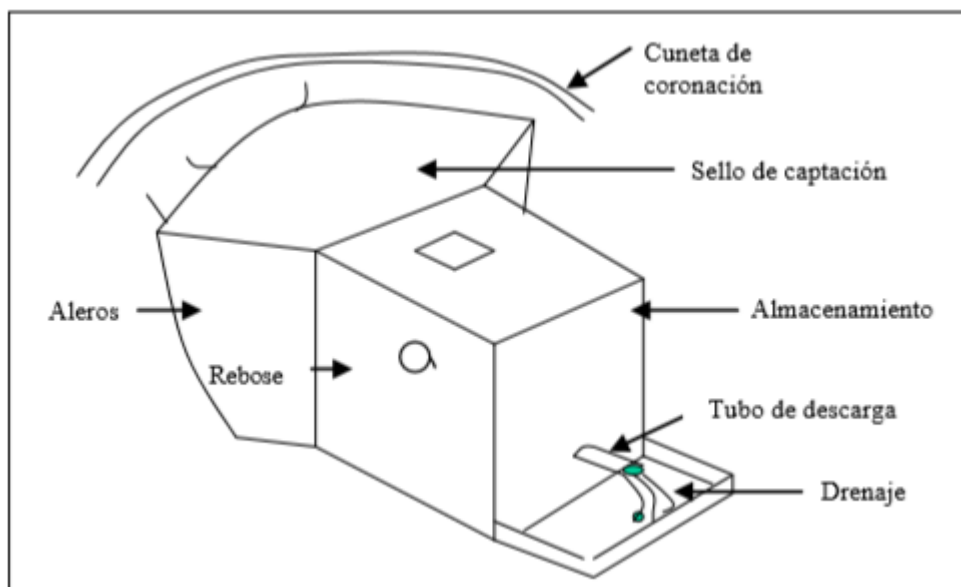
**Figura 8.** Filtro de mesa – modelo CEPIS-PAHO.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora la calidad física y bacteriológica del agua.</li> <li>• Apropiado para comunidades dispersas con limitación de fuente.</li> <li>• Fácil de mantener por el usuario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trata limitada cantidad de agua.</li> <li>• Dificultades para la reposición del dispositivo filtrante.</li> </ul>

### 1.6.2.3. Protección de Manantiales

Son soluciones de abastecimiento de agua a partir de la captación segura de pequeñas fuentes subterráneas de agua ubicadas en las proximidades de la vivienda o grupo de viviendas. El punto de abastecimiento puede encontrarse en el lugar donde se ubica la fuente de agua, o ésta puede ser conducida al o los usuarios mediante tuberías de pequeño diámetro.

Estas soluciones se componen de captación y surtidor de agua. El surtidor puede estar en el mismo lugar de captación o a distancia, convirtiéndose en una conexión domiciliaria o en una fuente pública.



**Figura 9.** Protección de manantial

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil de construir y mantener. Pequeña inversión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En algunos casos existe racionamiento del servicio por el bajo rendimiento de la fuente.</li> <li>• Generalmente implica acarreo del agua a la vivienda.</li> </ul>

#### 1.6.2.4. Pozos con bombas manuales

Soluciones compuestas por pozos perforados o excavados manualmente, debidamente protegidos, pudiendo ser del tipo familiar o multifamiliar.

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No requiere gran inversión.</li> <li>• Fácil operación.</li> <li>• Ideal para comunidades cuya única fuente es agua subterránea con nivel poco profundo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puede haber dificultad para conseguir repuestos de las bombas.</li> <li>Requiere de mantenimiento especializado.</li> </ul>

#### 1.6.3. Niveles de Servicio

Es el tipo de facilidad con que cuentan los usuarios para abastecerse de agua. Los niveles de servicio que ofrecen las distintas opciones técnicas son:

No Convencionales:

- Familiar y/o
- Multifamiliar

Convencionales:

- Conexiones domiciliarias.
- Piletas públicas.

#### **1.6.4. Tipo de servicio**

Es la combinación de la opción técnica y nivel de servicio que mejor se adecua a las necesidades de la comunidad y que responden a las características físicas, económicas y sociales de la misma.

#### **1.6.5. Selección del sistema de abastecimiento de agua**

La siguiente nomenclatura es empleada en el Algoritmo de Abastecimiento de Agua.

#### **1.6.6. Opción técnica**

a) Sistemas convencionales

- C1: Gravedad sin Tratamiento.
- C2: Gravedad con Tratamiento.
- C3: Bombeo sin Tratamiento.
- C4: Bombeo con Tratamiento.

b) Sistemas no convencionales

- N1.: Captación de agua de lluvia
- N2.: Filtros de mesa
- N3: Protección de fuentes
- N4: Pozos con bombas manuales

## 1.7. Definición de términos básicos

**Aguas subterráneas:** El agua subterránea representa una fracción importante de la masa de agua presente en los continentes, y se aloja en los acuíferos bajo la superficie de la Tierra; los pozos son la principal forma de acceso a los depósitos de agua subterránea (Munn, 2004).

**Calidad:** característica de un producto o servicio que le proporcionan aptitud para satisfacer las necesidades del cliente (OMS, 2003)

**Cloruros:** El ión cloruro  $\text{Cl}^-$ , forma sales muy solubles, suele asociarse con el ión  $\text{Na}^+$  esto lógicamente ocurre en aguas muy salinas (Fogler, 1992).

**Conductividad:** La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad (o de la aptitud) de un material o sustancia para dejar pasar (o dejar circular) libremente la corriente eléctrica (Fogler, 1992).

**Contaminación:** Son agentes físicos, químicos y biológicos, extraña a la composición natural del producto (OMS, 2003).

**Dureza Total:** presencia de sales de calcio y magnesio y mide la capacidad de un agua para producir incrustaciones (Fogler, 1992).

**Nitratos:** El ión nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) forma sales muy solubles y estables. En un medio reductor puede pasar a nitritos, nitrógeno e incluso amoníaco (Sawyer et al., 2000).

**pH:** Mide la concentración de los iones hidrógeno y la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa. (Reynolds, 2002).

**Sólidos disueltos totales:** Mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) (Marcó et al., 2004).

**Sulfatos:** El ión sulfato ( $\text{SO}_4^{=}$ ), corresponde a sales de moderadamente solubles a muy solubles (Severiche y González, 2012).



**Temperatura (T°):** La temperatura es un parámetro termodinámico del estado de un sistema que caracteriza el calor, o transferencia de energía. La temperatura del agua influirá en la cantidad de oxígeno presente en el agua ya que a mayor temperatura se acelerará el proceso fotosintético, así como la remoción de materia orgánica (Fogler, 1992).

**Turbidez:** Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos y que se presentan principalmente en aguas superficiales, en general son muy difíciles de filtrar y pueden dar lugar a depósitos en las conducciones (Reynolds, 2002).

**OMS:** OMS es la sigla de la Organización Mundial de la Salud, una entidad de la Organización de las Naciones Unidas se encarga de la gestión de políticas sanitarias a escala global. Se rige por la Asamblea Mundial de la Salud (OMS, 2003).

**Potabilización:** La potabilización es un proceso que se lleva a cabo sobre cualquier agua para transformarla en agua potable y de esta manera hacerla absolutamente apta para el consumo humano. La potabilización, mayormente, se realiza sobre aguas originadas en manantiales naturales y en aguas subterráneas. En tanto, el agua potable es aquella agua que puede ser consumida por los seres humanos sin ningún tipo de restricción porque se encuentra absolutamente limpia de sólidos suspendidos, aglomeración, de coloides, de organismos patógenos, de hierro y manganeso, sedimentación y corrosión, entre otras cuestiones. Tal situación es posible gracias al proceso que se lleva a cabo en las plantas potabilizadoras destinadas para tal fin. El PH del agua potable debe encontrarse entre los 6,5 y los 8,5 (Munn, 2004).

**Salud pública:** Es la actividad encaminada a mejorar la salud de la población. Ahora bien, para entender mejor esta definición tenemos que desglosar los términos utilizados en ella, a saber, salud y población (Munn, 2004).

## CAPÍTULO II

### MATERIAL Y MÉTODOS

#### 2.1. Materiales

##### Equipos

- GPS, este equipo fue utilizado para georreferenciar la ubicación de los puntos de monitoreo.



*Figura 10.* GPS Carmin

- Turbidímetro, el equipo ha sido utilizado para la determinación de la cantidad de turbidez en términos cuantitativos UNT.



*Figura 11.* Turbidímetro

- Conductímetro, equipo utilizado para determinar la conductividad del agua.



**Figura 12.** Conductímetro portátil PCE

- pH-metro, el equipo fue utilizado con fines de medir la cantidad de H dentro del agua y su posible acidez o basicidad.



**Figura 13.** pHmetro de bolsillo

- Colorímetro, el equipo es de uso portátil se utiliza para a medir el color en UPC y utilizando la refracción de luz se puede determinar su cantidad.



**Figura 14.** Colorímetro HACH

## **Materiales**

- Cinta, es un material utilizado para poder marcar y rotular las muestras que tendrán que ser diferenciadas en los puntos de colección.
- Cámara fotográfica utilizada para recopilar información visual a través de imágenes que serán presentadas.
- 02 Tablero de campo, un tablero cuyo uso es de exclusivo campo para poder escribir y recoger apuntes
- 02 Cuaderno.
- Útiles de escritorio (lapicero, lápiz, cuaderno, corrector, etc.).
- Cartografía del centro poblado Potrerillo, se ha hecho uso de los planos existentes del distrito para poder realizar una ubicación real de los puntos de monitoreo.
- Ficha de registro y evaluación, un instrumento de uso para registro de datos competentes y analizados en laboratorio.
- Frascos para muestras.
- Corcho
- Wincha, se utilizó para la medición y delimitación de una zona a investigar

**Equipos de protección personal**, herramienta indispensable para el uso en el laboratorio y en campo con el fin de protegernos de agentes externos como químicos y fenómenos naturales.

- Mascarilla
- Guantes quirúrgicos
- Botas
- Capota
- Gorro
- Lentes

## **2.2. Métodos**

### **Metodología para la encuesta**

- Recopilación de información bibliográfica secundaria (centro poblado Potrerillo)  
Mediante la observación se puede recolectar información visual de manera colectiva y regular, identificando zonas, sucesos y problemas, dentro del ambiente a investigar.

- Análisis de la información recopilada  
Recolección de información mediante investigación, resumen y citas bibliográficas para la recopilación de información y recoger lo necesario para el informe final.
- Reconocimiento y observación del área que será estudiado.
- Entrevista, con la tradicional metodología de la recolección de información con una encuesta.
- Identificación y selección de materiales e instrumentos que serán utilizados en campo.
- Encuesta sobre la calidad de agua para el consumo humano, la técnica de encuesta es ampliamente utilizada como procedimiento de investigación, ya que permite obtener y elaborar datos de modo rápido y eficaz. En el ámbito sanitario son muy numerosas las investigaciones realizadas utilizando esta técnica

### **Metodología para la caracterización del sistema de alcantarillado**

- Observación sistémica de área de estudio
- Recopilación de información bibliográfica secundaria (centro poblado Potrerillo)  
Con el uso de información previa en la que se detallan los procesos utilizados anteriormente para la construcción de captaciones antiguas e instalación de sistemas de agua potable.
- Análisis de la información recopilada  
Recolección de información mediante resumen y descripción para la recopilación de información y recoger lo necesario para el informe final.
- Toma de fotos
- Reconocimiento y observación del área que será estudiado a través de fotografías.
- Identificación y selección de materiales e instrumentos que serán utilizados en campo.

### **Metodología para la segmentación poligonal**

- Georreferenciación y localización del proyecto:
- Observación Sistemática.

### **Metodología para el monitoreo de parámetros Físicoquímicos en**

#### **Captación**

- Se toma la muestra en un envase de plástico de polietileno de capacidad de 1000ml dejando un espacio del 1% para su aireación.

- Se procede a enjuagar 3 veces consecutivos para eliminar restos de Partículas.
- Se coloca la indumentarias de protección personal, utilizando adecuadamente los guantes descartables, mascarillas, mandil).
- Se recolecta la muestra de agua de una cámara de reunión existente dentro de la captación que cumple la función de reunión el agua que aflora del manantial para un mejor aprovechamiento y abastecimiento a la población
- Cerrar la tapa herméticamente de manera que no se vierta Accidentalmente el contenido durante el transporte y/o manipulación.
- Se rotula el frasco con las siguientes especificaciones:
  - Identificación del lugar de muestreo
  - Lugar de procedencia
  - Numero de muestra
  - Fecha de la toma de muestra
  - Hora exacta de la recolección de muestra
- Se coloca la muestra en el termo o kouler.
- Se trasladó a la ciudad de Moyobamba para poder hacer los estudios respectivos en el laboratorio dela universidad de San Martin.

### **Reservorio**

- Se toma la muestra en un envase de plástico de polietileno de capacidad de 1000ml dejando un espacio del 1% para su aireación.
- Se procede a enjuagar 3 veces consecutivos para eliminar restos de Partículas.
- Se coloca la indumentarias de protección personal, utilizando adecuadamente los guantes descartables, mascarillas, mandil).
- Se recolecta la muestra de agua que se encuentra dentro del reservorio.
- Cerrar la tapa herméticamente de manera que no se vierta accidentalmente el contenido durante el transporte y/o manipulación.
- Se rotula el frasco con las siguientes especificaciones:
  - Identificación del lugar de muestreo
  - Lugar de procedencia
  - Numero de muestra
  - Fecha de la toma de muestra
  - Hora exacta de la recolección de muestra
- Se coloca la muestra en el termo o kouler.
- Se trasladó a la ciudad de Moyobamba para poder hacer los estudios respectivos en el laboratorio dela universidad de San Martin.

### **Pileta Domiciliaria**

- Lavar las manos con agua y jabón.
- Se coloca la indumentaria de protección personal, utilizando adecuadamente los guantes descartables, mascarillas, mandil).
- Tomar la muestra de agua en un recipiente estéril de 1000 mililitros de capacidad
- Asegurar la limpieza del grifo y/o pileta domiciliaria.
- Dejar correr el agua por un tiempo de 5 minutos antes de proceder a tomar La muestra.
- Llenar el recipiente sin colmatar su capacidad total, dejando espacio del 1% para que exista aireación.
- Cerrar la tapa herméticamente de manera que no se vierta accidentalmente el contenido durante el transporte y/o manipulación.
- Se rotula el frasco con las siguientes especificaciones:
  - Identificación del lugar de muestreo
  - Lugar de procedencia
  - Numero de muestra
  - Fecha de la toma de muestra
  - Hora exacta de la recolección de muestra
- Se coloca la muestra en el termo o kouler.
- Se trasladó a la ciudad de Moyobamba para poder hacer los estudios respectivos en el laboratorio dela universidad de San Martin.

### **Monitoreo**

- Se realizó durante el periodo de trabajo de campo, para verificar, evaluar el funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua.

### **Etapas de gabinete**

- Procesamiento de la información generada en el laboratorio.
- Se interpretó los resultados.
- Se utilizó diferentes programas para poder obtener los cálculos necesarios.

### **Los datos están presentados mediante tablas y gráficos estadísticos de todas las pruebas realizadas como:**

- Resultados finales de la evaluación de los parámetros del agua subterránea (manantiales).
- Resultados iniciales y finales de los análisis obtenidos en laboratorio.
- Para el análisis se utilizó la técnica de la estadística descriptiva con sus pasos: codificación, organización, tabulación y presentación de la información.

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. Caracterización del sistema de abastecimiento del centro poblado de Potrerillo**

El Centro Poblado de Potrerillo cuenta con un sistema de agua construido en el año 1999 por FONCODES; el cual capta agua del manantial denominado “Manantial Potrerillo”. Este sistema abastece actualmente al 71,58 % de las familias.

Actualmente el centro poblado está dividido en dos sectores, cada uno cuenta con un sistema independiente; esto se debe que el “Manantial Potrerillo I” (nombre puesto por la población), constituye única fuente con características de cantidad y continuidad para el abastecimiento de la zona principal del centro poblado de Potrerillo, y la parte alta se abastecen de los manantiales La Fila I y La Fila II, por medio del acarreo. A continuación, describiremos el abastecimiento de agua de cada sector:

Sector I:

Para el Sector I existe actualmente un sistema de abastecimiento de agua que es por gravedad con planta de tratamiento tipo convencional, construido en el año 1999 por el fondo de cooperación para el desarrollo social (FONCODES), el sistema tiene 16 años de antigüedad y cuenta con una captación de ladera, el cual es abastecida por una fuente “Manantial Potrerillo I”.

Existen un 71,6% de cobertura con viviendas conectadas a este sistema que reciben un servicio continuo de por lo menos 21 horas diarias (siendo el 28,40 % las viviendas que se abastecen de otra fuente y 71,60% abastecida por servicio intradomiciliario).

La administración del sistema de agua potable lo realiza actualmente la JASS, la que está compuesta por 6 miembros. Cuentan con un operador remunerado y la tarifa por el servicio de agua es S/.2, 00, sin embargo, esta tarifa no cubre los costos de operación y mantenimiento del sistema

Los componentes que forman parte de los sistemas, se detallan a continuación:



**Captación:****a) Ubicación:**

El sector I la obra de captación del “manantial Potrerillo I” está ubicada en las coordenadas 285937.24E y 9318822.94 N a una altura de 1302.80 m.s.n.m.

**b) Estado estructural:** Las estructuras, se encuentra cubierta parcialmente por musgos, presenta filtración en la base de la estructura, además presenta el color negro que nos indica el desgaste de concreto, se observa erosión en el concreto la estructura.

**c) Estado de operatividad:** La captación vienen operando con normalidad, pero con ciertas limitaciones.

**Cámara de captación y Caja de válvulas**

**a) Ubicación:** Se encuentran ubicadas en las coordenadas 285937.24 E y 9318822.94 N a una altura de 1302.80m.s.n.m.

**b) Estado:** Se encuentra en mal estado puesto que presenta desgaste de concreto, además de estar cubierta por musgos. (ver fotografía 1).

**c) Estado de operatividad:** Se encuentra operando con normalidad, pero en condiciones insalubres

**Línea de conducción:****Tubería:**

**a) Ubicación:** La tubería de la línea de conducción se inicia a partir de la cámara de captación, hasta llegar al reservorio.

**b) Estado:**

Se encuentran tramos donde las tuberías se encuentran a la intemperie y por efecto de los rayos ultravioletas, las tuberías se degradan perdiendo su color, disminuyendo su resistencia y volviéndose quebradizo, lo que genera su ruptura y deterioro aún más rápido (Ver fotografía 2).

c) **Estado de operatividad:** Se encuentran operando con normalidad.

### **Planta de Tratamiento – “Manantial Potrerillo I”**

#### **Sedimentador.**

a) **Ubicación:** El sedimentador se encuentra ubicado en las coordenadas 285901 E y 9318825 N a una altitud de 1300 m.s.n.m.

#### **b) Estado:**

Zona de entrada. - Ingresa el agua por una tubería de 2” PVC al vertedero, que luego pasa por un bafle de concreto con orificios y lo distribuye uniformemente para el ingreso a la zona de sedimentación, los orificios del bafle presentan erosión, desgaste de concreto, y acumulación de musgos por toda su superficie.

Zona de sedimentación. - El tanque de sedimentación, presenta algas, acumulación de musgos fusilamientos en las esquinas de las paredes por donde sale agua, desgaste de concreto.

Zona de salida. - Está constituida por un vertedero y canaleta el cual se encuentra en estado de desgaste de concreto, acumulación de musgos y lodos en las canaletas.

Zona de evacuación de lodos.- Tiene una tubería de evacuación de lodos y tubería de rebose que están conectadas a una tubería de salida controlada por una válvula compuerta de 2 pulgadas de fierro galvanizado el cual se encuentra oxidada y además la manija de apertura rota, ésta válvula está protegida por una caja de concreto con dimensiones: 0,80 m x 0,80 m x 1,00 m el mismo que presenta desgaste.

c) **Estado de operatividad:** Al encontrarse con desgastes y en mal estado, el sedimentador no se encuentra operando.

#### **Filtro lento**

a) **Ubicación:** El filtro lento se encuentra ubicado en las coordenadas 285742 E y 9318828 N, a una altura de 1299 m.s.n.m.

- b) **Estado:** El filtro lento se encuentra en mal estado ya que presenta fisuras y desgaste de concreto; además se observa el crecimiento de algas sobre el espejo de agua, lo que hace notar la falta de operación y mantenimiento.
- c) **Estado de operatividad:** Al encontrarse con desgastes y en mal estado, el filtro no se encuentra operando por las condiciones insalubres.

### **Reservorio y Caseta de Válvulas**

- a) **Ubicación:** El reservorio del Manantial Potrerillo I, se encuentra ubicado en las coordenadas 285641 E y 9318800 N, a una altura de 1290 m.s.n.m.
- b) **Estado estructural:** En general la estructura se encuentra pintada, cuenta con cerco perimétrico de protección y no ha sido operado ni mantenido adecuadamente, tiene una capacidad aproximada 50 m<sup>3</sup>.
- c) **Estado de operatividad:** El reservorio se encuentra operativo.

### **Red de distribución**

- a) **Estado:** En algunos ramales las tuberías se encuentran a la intemperie estando afectadas por los rayos ultra violetas lo que hace que se degrade perdiendo su color, disminuyendo su resistencia y volviéndose quebradizo.

## **3.2. Segmentación física poligonal del área de estudio**

La segmentación se ha realizado en todo proyecto teniendo como base la realidad situacional, para ello se muestran los resultados de la encuesta realizada a 46 personas/familia, ubicadas al azar, por lo tanto, en diferentes puntos del centro poblado y presentaron las siguientes características en cuanto a su sistema de agua potable y saneamiento en su entorno local:

Para comenzar la descripción del centro poblado, se debe recalcar que todas las familias encuestadas contaron con un número diferente de integrantes por hogar, como se muestra en la siguiente tabla:

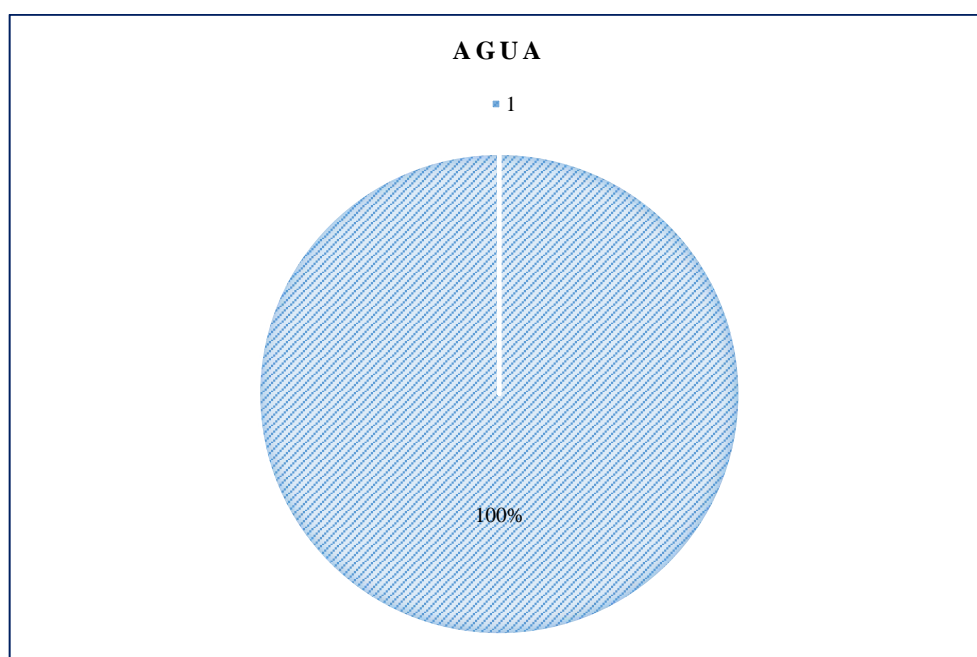
**Tabla 3***Número de personas por hogar*

<b>N° personas /hogar</b>	<b>Hogares</b>
3	9
5	7
7	2
1	3
6	11
2	1
4	6
8	7
total	46

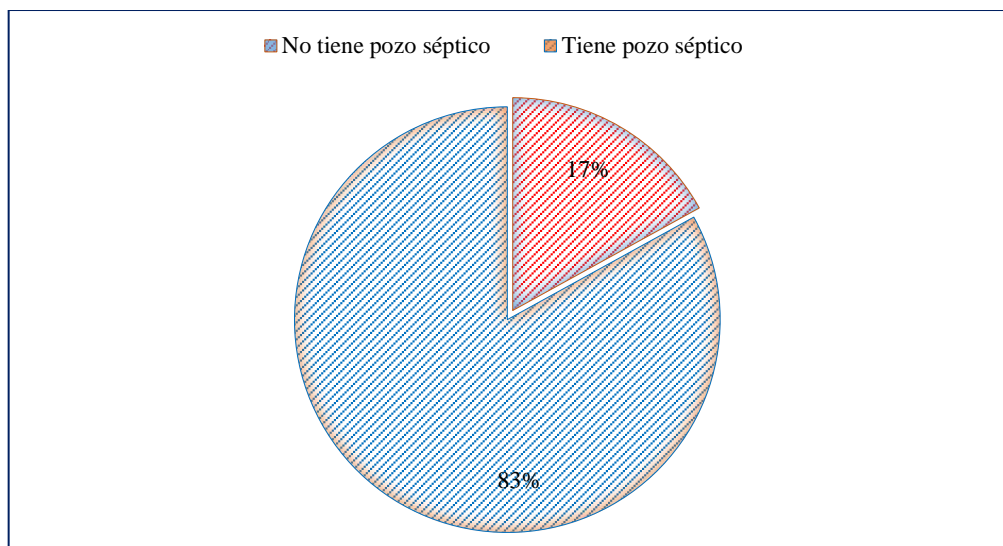
Fuente: Elaboración propia.

Demostrando que las familias más numerosas a partir de cuatro integrantes por familia, son las que se encuestaron en mayor proporción, haciendo un total de 46 encuestas.

En todas las encuestas se demostraron que el 100% de los encuestados cuentan con una red de agua que llega hasta sus hogares:

**Figura 15.** Personas que cuentan con red de agua

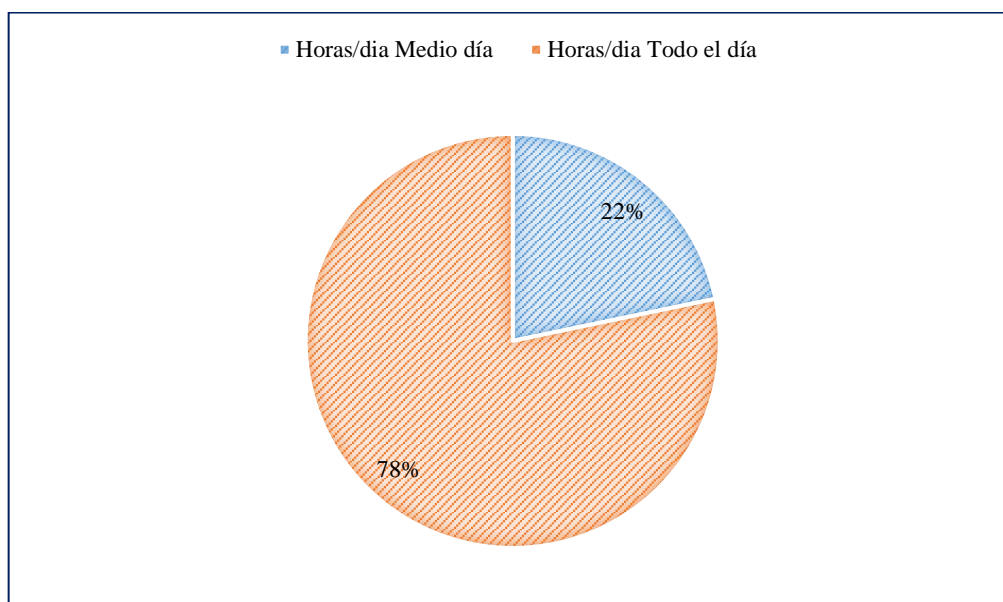
En cambio, el saneamiento dentro del centro poblado es totalmente diferente y diverso como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 16.** Personas que cuentan con pozo séptico

Es decir, solo el 17 % de la población encuestada cuentan con pozo séptico de desagüe, para el resto de la población el uso común son los pozos ciegos.

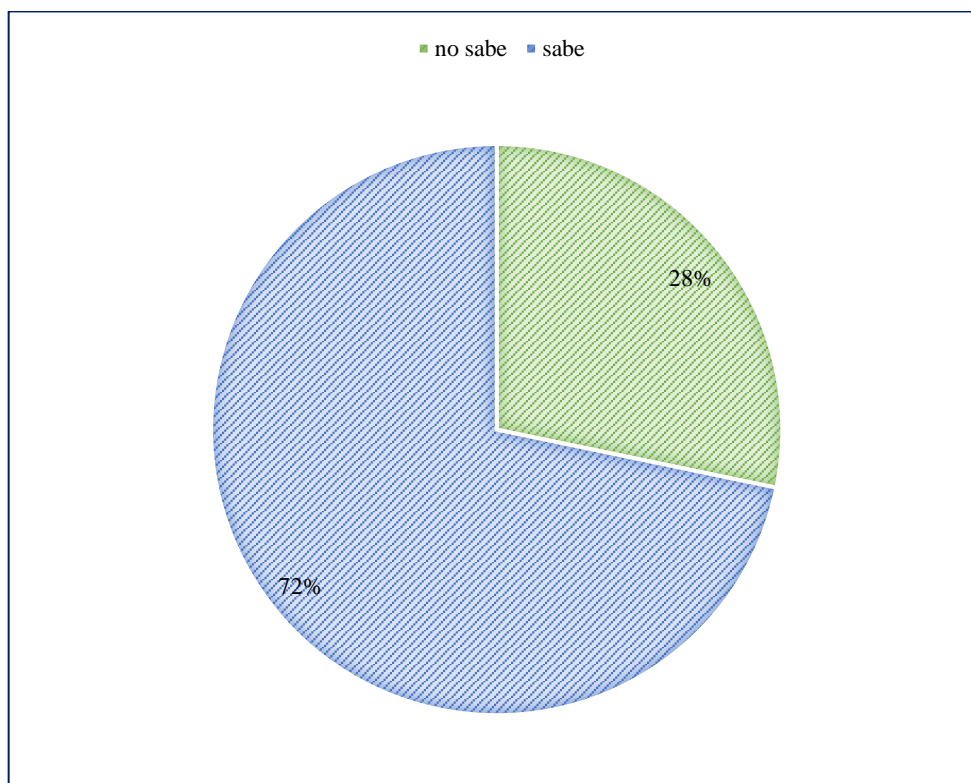
El servicio de agua, no es el mismo en todas las zonas y lugares del centro poblado, existen diferencias para cierta parte de la población la cual no cuenta con agua las 24 horas del día y esta tiene que ser racionalizada, a continuación, se presentará los porcentajes:



**Figura 17.** Continuidad del servicio de agua

El 78% de la población, que es el porcentaje más alto, sí cuenta con un servicio las 24 horas al día y el 22% tiene que esperar cada doce horas para contar con el servicio, además se sabe que el 100% de la población recibe agua los siete días de la semana.

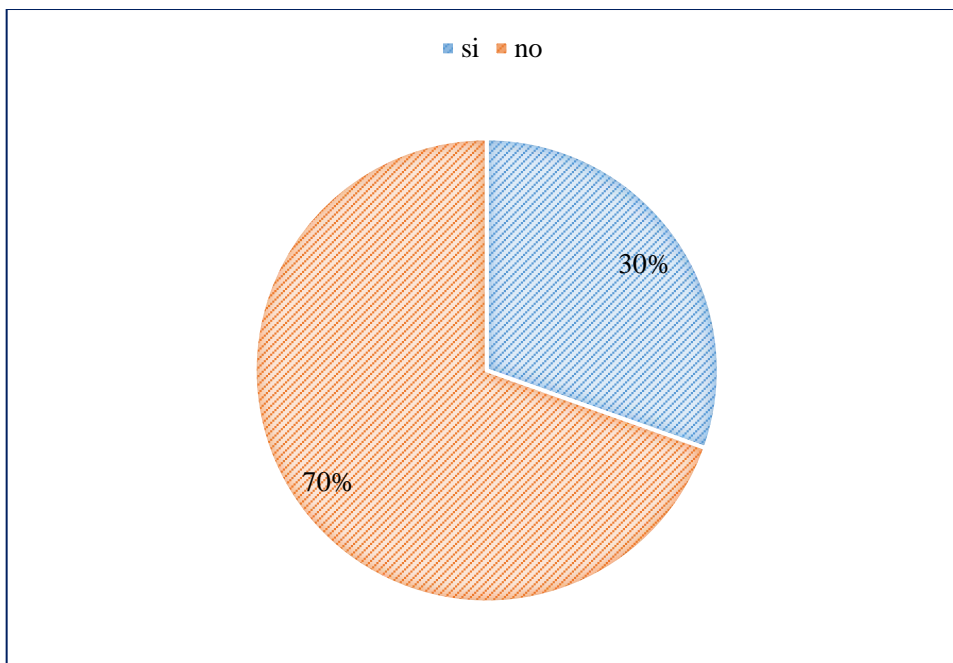
Para la realización de limpieza y mantenimiento periódico en su captación de agua, la mayoría de las personas cree que sí se realizan periódicamente cada 3 o 4 meses, es así que:



**Figura 18.** Mantenimiento periodico

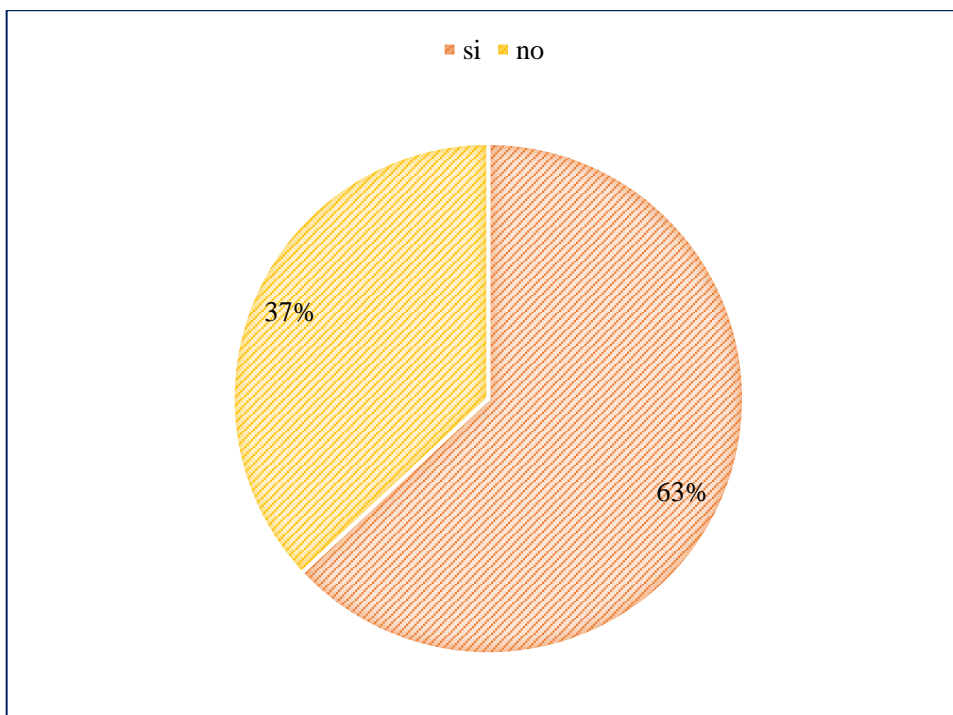
El 28% de la población encuestada dice no saber ni creer que realicen algún tipo de mantenimiento a su captación o redes, así mismo el 72% de la población dice saber que si se realizan trabajos de mantenimiento cada 3 o 4 meses.

El único procedimiento que se realizan en el sistema de agua, es la limpieza y desinfección de la infraestructura de captación y reservorio, para la desinfección utilizan el insumo de cloro ante esto parte de la población se confunde que el agua está siendo clorada.



**Figura 19.** Se realiza la desinfección o cloración

Solo el 30% de la población tiene un conocimiento acerca de la desinfección de las infraestructuras del sistema de agua, el 70% restante de la población tiene un conocimiento equivocado piensa que el agua es clorada.



**Figura 20.** Pago por el servicio de agua

La mayoría de las personas en este centro poblado debe pagar cuotas a la JASS del lugar, los montos varían de 3 a 5 soles, pero un 37% de la población no cancela ni una cuota mensual, y no tiene idea de que se paga.

Considerando la topografía del lugar se realizó la segmentación poligonal, la misma que presentan los siguientes BM:

**Tabla 4**

*Coordenadas BMs*

CUADRO DE BMs CORDENADAS WGS84				
PUNTO	ESTE	NORTE	ALTITUD	DESCRIPCION
315	285939.134	9318819.52	1304.314	BM-01
2236	285741.719	9318823.74	1297.721	BM-02
2174	285588.275	9318786.45	1283.638	BM-03-GEO
1043	285518.992	9318574.05	1251.124	BM-04
610	285223.5	9318616.3	1229.881	BM-05
169	285351.959	9318532.45	1245.051	BM-06-GEO
193	285339.31	9318480.57	1248.531	BM-07
2374	285775.888	9319457.92	1302.248	BM-08
4	285943.27	9319799.48	1325.738	BM-09
352	285592.005	9319601.23	1323.689	BM-10

Finalmente, el plano se presenta en el Anexo 03



### 3.3. Comportamiento de los parámetros físico-químicos y comparar con los ECAS Y LMP

En la siguiente tabla se colocan los resultados de los análisis de los siguientes parámetros, en el punto inicial del muestreo, comparado con los ECAs, para el primer mes de muestreo:

**Tabla 5**

*Primer monitoreo en el punto inicial- Captación*

Parámetro	Unidad	Inicial	ECA
Oxígeno Disuelto	mg/L	5,4	≤6
Nitratos	mg/L	0,03	50
Fosfatos	mg/L	18,5	0,1
Conductividad	μs	0,37	1500
pH	pH	6,5	6,5-8,5
Color	UPC	10	15
Temperatura	°C	26,5	±3
Temperatura in situ	°C	21	±3
Turbiedad	UNT	1,46	5
STD	ppm	156	1000

Fuente: Elaboración propia.

#### Interpretación:

Durante el primer muestreo se realizó el análisis y cuantificación de parámetros físicos y químicos, los cuales han sido comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para el Agua (D.S. 004- 2017 MINAM), el mismo que para los parámetros como los nitratos, conductividad y sólidos totales disueltos, se encuentran notablemente distanciados y por debajo del estándar exigido para la categoría 1: Poblacional y recreacional, subcategoría A1: Aguas destinadas para el consumo humano; en cambio para el oxígeno disuelto no se logró optar por el mejor resultado posible, que según el estándar debe ser mayor que 6mg/L y este

llegó a ser 5,4 mg/L y la cantidad de fosfatos que arrojó 18,5 mg/L y solo debería ser 0.1 mg/L, el pH se encuentra llegando a formar parte del rango establecido de 6,5- 8,5, en cambio la turbiedad con 1.46 UNT cumplen con el estándar de calidad de agua, lo mismo para el color con 10 UPC y la temperatura dentro del rango mayor o menor en tres grados con respecto a la temperatura ambiente. Lo que nos lleva a deducir que estas aguas no solo se podrían destinar al consumo humano a través de un proceso de cloración, sino que requeriría de un tratamiento convencional para recién poder ser apta para el consumo humano.

En la siguiente tabla se colocaron los resultados de los análisis de los siguientes parámetros, en el punto inicial del muestreo, comparado con los ECAs, para el segundo mes de muestreo:

**Tabla 6**

*Segundo monitoreo en el punto inicial-Captación*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Inicial</b>	<b>ECA</b>
Oxígeno Disuelto	mg/L	5,58	≤6
Nitratos	mg/L	1,40	50
Fosfatos	mg/L	8,4	0,1
Conductividad	μs	0,30	1500
pH	pH	7,16	6,5-8,5
Color	UPC	0	15
Temperatura	°C	24,7	±3
Temperatura in situ	°C	22	±3
Turbiedad	UNT	0,68	5
STD	ppm	159	1000

Fuente: Elaboración propia.

#### Interpretación:

Durante el segundo muestreo, también se realizó el análisis y cuantificación de parámetros físicos y químicos, los cuales han sido comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para el Agua (D.S. 004- 2017 MINAM), el mismo que para los parámetros como

los nitratos, conductividad y sólidos totales disueltos, se encuentran notablemente distanciados y por debajo del estándar exigido para la categoría 1: Poblacional y recreacional, subcategoría A1: Aguas destinadas para el consumo humano; en cambio para el oxígeno disuelto no se logró optar por el mejor resultado posible, que según el estándar debe ser mayor que 6 mg/L y este llegó a ser 5,58 mg/L y la cantidad de fosfatos que arrojó 8,4 mg/L y solo debería ser 0,1 mg/L, el pH se encuentra llegando a formar parte del rango establecido de 6,5- 8,5, en cambio la turbiedad con 0,68 UNT cumplen con el estándar de calidad de agua, lo mismo para el color con 0 UPC y la temperatura dentro del rango mayor o menor en tres grados con respecto a la temperatura ambiente, en este muestreo se pueden observar que los resultados han salido más bajos, este se encuentra muy relacionado al clima de aquellos días, donde no hubo lluvias cercanas. Así mismo se recalca que esta agua no solo necesita tratamiento de cloración, sino también tratamiento convencional.

En la siguiente tabla se colocaron los resultados de los análisis de los siguientes parámetros, en el punto inicial del muestreo, comparado con los ECAs, para el tercer mes de muestreo:

**Tabla 7**

*Tercer monitoreo en el punto inicial - Captación*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Inicial</b>	<b>ECA</b>
Oxígeno Disuelto	mg/L	5,64	≤6
Nitratos	mg/L	0,01	50
Fosfatos	mg/L	38,4	0,1
Conductividad	μs	0,29	1500
pH	pH	6,95	6,5-8,5
Color	UPC	10	15
Temperatura	°C	23,5	±3
Temperatura in situ	°C	21,5	±3
Turbiedad	UNT	0,71	5
STD	ppm	161	1000

Fuente: Elaboración propia.

### Interpretación:

Durante el tercer muestreo, se realizó el análisis y cuantificación de parámetros físicos y químicos, los cuales han sido comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para el Agua (D.S. 004- 2017 MINAM), el mismo que para los parámetros como los nitratos, conductividad y sólidos totales disueltos, se encuentran notablemente distanciados y por debajo del estándar exigido para la categoría 1: Poblacional y recreacional, subcategoría A1: Aguas destinadas para el consumo humano; en cambio para el oxígeno disuelto no se logró optar por el mejor resultado posible, que según el estándar debe ser mayor que 6mg/L y este llegó a ser 5.64 mg/L y la cantidad de fosfatos que arrojó 38.4 mg/L y solo debería ser 0.1 mg/L, el pH se encuentra llegando a formar parte del rango establecido de 6.5- 8.5, en cambio la turbiedad con 0.71 UNT cumplen con el estándar de calidad de agua, lo mismo para el color con 10 UPC y la temperatura dentro del rango mayor o menor en tres grados con respecto a la temperatura ambiente, en este muestreo se pueden observar que los resultados han salido más bajos, este se encuentra muy relacionado al clima de aquellos días, donde no hubo lluvias cercanas. Así mismo se recalca que esta agua no solo necesita tratamiento de cloración, sino también tratamiento convencional.

Luego se realizaron otros monitoreos en diferentes puntos de la red de distribución, comenzando con el reservorio en el P02 (el punto inicial ya fue analizado P01 y constituía la captación de agua) y siguiendo las últimas conexiones domiciliarias.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los análisis realizados bimestralmente para diferentes parámetros físico químicos y para diferentes puntos de la red de distribución:

**Tabla 8***Primer monitoreo en los puntos finales de distribución*

Parámetro	Unidad	LMP	Puntos de muestreo		
			P 02	P 03	P 04
Oxígeno Disuelto	mg/L	6	5,47	5.2	5,37
Nitratos	mg/L	50	0.01	0.06	0.01
Fosfatos	mg/L	0,1	20,3	45,4	23,9
Conductividad	µs	1500	0,294	0,289	0,37
pH	pH	8,5	6,7	6,7	6,5
Color	UPC	15	0	20	15
Temperatura	°C	27	26,9	27	26,5
Temperatura in situ	°C	27	21,8	22	21,7
Turbiedad	UNT	5	1,45	5,93	1,85
STD	ppm	1000	157	156	152

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:**

Durante el primer muestreo se recolectaron tres muestras de la red de distribución y se realizó el análisis y cuantificación de parámetros físicos y químicos, estos han sido comparados con el Reglamento de Agua para Consumo Humano (D.S. 031- 2010 SA.), el reglamento no estipula un valor fijo para el oxígeno disuelto debido a que este debe contener mínimamente según estándar 6 mg/L y esta contiene en los tres puntos menor que ese valor; tampoco estipula un valor máximo para los fosfatos ya que según el estándar de agua debería de llegar hasta 0,1 mg/L, si este supera indica presencia de musgos y/o planta que consumen fosfatos dentro del agua, este es un mal indicador porque en el punto 03 se tiene 45,4 mg/L y en el menor punto (P02) tiene 20,3 mg/L, según el reglamento el agua para consumo siempre mantiene una temperatura optima, por la protección y recubrimiento de las tuberías dentro de la red; para los nitratos, STD y la conductividad también se muestran amplias diferencias de valores a favor de la calidad del agua, y en cuanto al color solo se ha superado en el punto 3 llegando a medir 20 UPC, y para la turbiedad solo se ha superado el reglamento en el punto 03 con 5,93 UNT.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los análisis realizados bimestralmente para diferentes parámetros físico químicos y para diferentes puntos de la red de distribución:

**Tabla 9**

*Segundo monitoreo en los puntos finales de distribución*

Parámetro	Unidad	LMP	Puntos de muestreo		
			P 02	P 03	P 04
Oxígeno Disuelto	mg/L	6	6,24	6,21	6,19
Nitratos	mg/L	50	1,3	0,02	0,01
Fosfatos	mg/L	0,1	48,1	19,8	26,9
Conductividad	μs	1500	0.29	0.29	0.29
pH	pH	8,5	7,4	7,57	7,39
Color	UPC	15	0	1	0
Temperatura	°C	27	24,3	24,4	24,3
Temperatura in situ	°C	27	22	21,7	22
Turbiedad	UNT	5	0,64	0,95	0,31
STD	ppm	1000	155	158	158

Fuente: Elaboración propia.

#### Interpretación:

Para el segundo muestreo se recolectaron tres muestras de la red de distribución y se realizó el análisis y cuantificación de parámetros físicos y químicos, estos han sido comparados con el Reglamento de Agua para Consumo Humano (D.S. 031- 2010 SA.), el reglamento no estipula un valor fijo para el oxígeno disuelto debido a que este debe contener mínimamente según estándar 6 mg/L y esta contiene en los tres puntos mayor que ese valor; tampoco estipula un valor máximo para los fosfatos ya que según el estándar de agua debería de llegar hasta 0,1 mg/L, si este supera indica presencia de musgos y/o planta que consumen fosfatos dentro del agua, este es un mal indicador porque en el punto 02 se tiene 48,1 mg/L y en el menor punto (P03) tiene 19,8 mg/L, según el reglamento el agua para consumo siempre mantiene una temperatura óptima, por la protección y recubrimiento de las tuberías dentro de la red; para los nitratos, STD y la conductividad también se muestran amplias diferencias de valores a favor de la calidad del agua, y en cuanto al color son se ha llegado a superar en ningún punto, y para la turbiedad no se ha superado el reglamento.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los análisis realizados bimestralmente para diferentes parámetros físico químicos y para diferentes puntos de la red de distribución:

**Tabla 10**

*Tercer monitoreo en los puntos finales de distribución*

Parámetro	Unidad	LMP	Puntos de muestreo		
			P 02	P 03	P 04
Oxígeno Disuelto	mg/L	6	6,03	6,11	5,89
Nitratos	mg/L	50	0	0	0
Fosfatos	mg/L	0,1	8,5	23,1	18,2
Conductividad	μs	1500	0,27	0,29	0,29
pH	pH	8,5	7,34	7,44	7,5
Color	UPC	15	0	10	0
Temperatura	°C	27	23,6	23,7	23,9
Temperatura in situ	°C	27	22,3	21,9	22
Turbiedad	UNT	5	0	0	0
STD	ppm	1000	156	155	155

Fuente: Elaboración propia.

#### Interpretación:

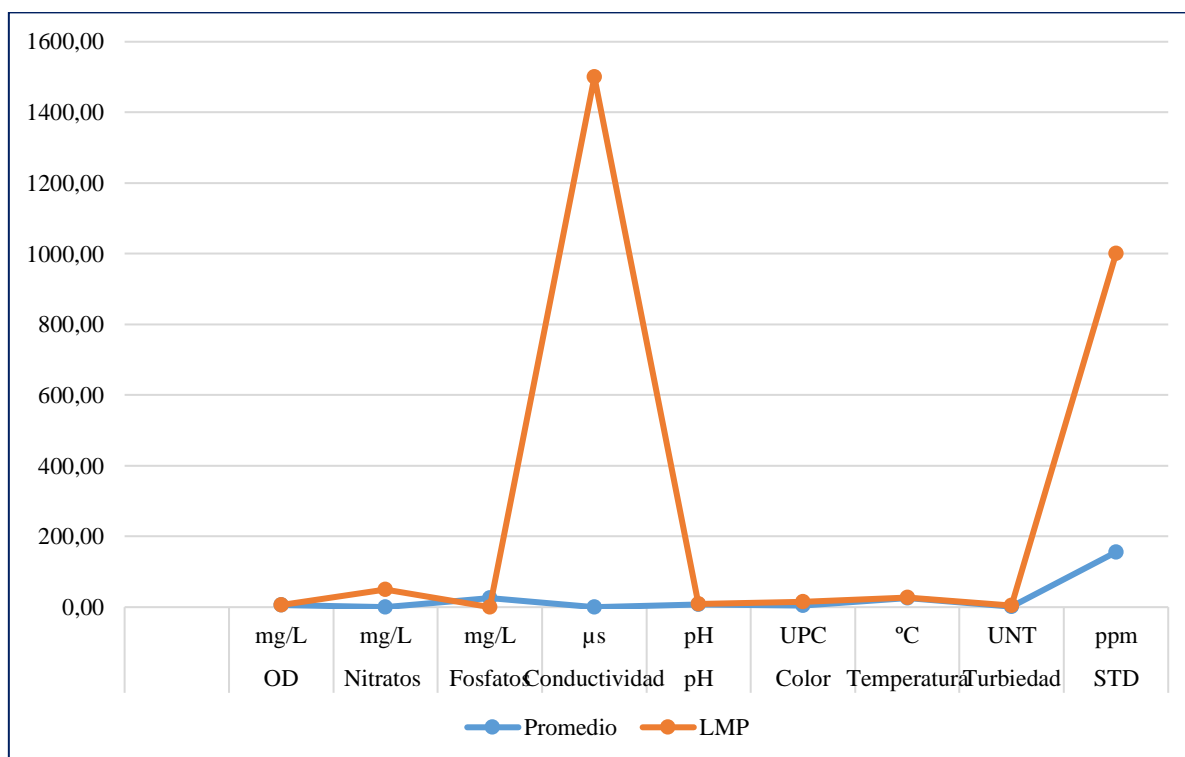
Para el tercer monitoreo se recolectaron tres muestras de la red de distribución y se realizó el análisis y cuantificación de parámetros físicos y químicos, estos han sido comparados con el Reglamento de Agua para Consumo Humano (D.S. 031- 2010 SA.), el reglamento no estipula un valor fijo para el oxígeno disuelto debido a que este debe contener mínimamente según estándar 6 mg/L y esta contiene en los tres puntos mayor que ese valor; tampoco estipula un valor máximo para los fosfatos ya que según el estándar de agua debería de llegar hasta 0,1 mg/L, si este supera indica presencia de musgos y/o planta que consumen fosfatos dentro del agua, este es un mal indicador porque en el punto 03 se tiene 23,1 mg/L y en el menor punto (P02) tiene 8,5 mg/L, según el reglamento el agua para consumo siempre mantiene una temperatura optima, por la protección y recubrimiento de las tuberías dentro de la red; para los nitratos, STD y la conductividad también se muestran amplias diferencias de valores a favor de la calidad del agua, y en cuanto al color son se ha llegado a superar en ningún punto, y para la turbiedad no se ha superado el reglamento.

**Tabla 11***Relación promedio de los resultados con los LMP*

Parámetro	Unidad	Promedio	LMP
OD	mg/L	5,86	6
Nitratos	mg/L	0,16	50
Fosfatos	mg/L	26,02	0,1
Conductividad	μs	0,30	1500
pH	pH	7,17	8,5
Color	UPC	5,11	15
Temperatura	°C	24,96	27
Temperatura in situ	°C		27
Turbiedad	UNT	1,24	5
STD	ppm	155,78	1000

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados promedio para el oxígeno disuelto fue 5,86 mg/L, para los nitratos 0,16 mg/L, para los fosfatos 26,01 mg/L (punto elevado), para conductividad 0.3 μs, para el pH 7,17 y el color 5,11 UPC, así mismo la temperatura CON 24.96 °C, turbiedad con 1,24 UNT y los sólidos totales disueltos con 155,78 ppm.

**Figura 21.** Curva de relación promedio de los resultados con los LMP



La figura nos muestra la relación horizontal que existe entre el valor promedio de los parámetros físicos químicos del agua del Centro Poblado Potrerillo y el reglamento de Calidad de Agua para el consumo humano estipulado en el DS. 004-2017 SA. Publicado en el diario El Peruano, para el cual se observan resultados cercanos al límite de lo establecido y en algunos casos dentro de los análisis se superó notablemente como en los fosfatos, así mismo se observa una gran amplitud de diferencias entre los parámetros de conductividad y sólidos totales disueltos, que promediamente estas muy por debajo.

### **3.4. Discusión de resultados**

En la investigación anterior realizada por Piqueras (2015)., indica que la calidad físico química del agua en los manantiales de los términos municipales de Benafer, Caudiel y Viver (Castellón) reporto rangos de pH 7,49 a 7,74, cuyos rangos son motivo de control, los cloruros 8,90 a 12,30 mg/l, nitratos 39,30 a 42,40 mg/L, magnesio 3,00 a 29,50 mg/l, calcio 133,90 a 148,90 mg/l. estos valores coinciden con lo encontrado dentro de la investigación en donde se analizaron parámetros físicos y químicos.

Aguilar y Navarro (2018), muestran en los parámetros físicos fueron en pH  $7.78 \pm 4.0$ , Temperatura  $17.43 \pm 8.2$ , Conductividad  $138.12 \pm 4.1$ , Alcalinidad  $73.68 \pm 10.3$ ; lo que demuestran estar dentro de parámetros establecidos en las normas, como esta investigación la actual también llegó a cumplir en estos parámetros, mientras en los parámetros químicos los resultados que se obtuvieron fueron en dureza Total  $74.28 \pm 13.3$ , Calcio  $23.35 \pm 7.9$ , Magnesio  $4.74 \pm 9.8$ , Cloruros  $74 \pm 15.6$ ; entre tanto para los resultados bacteriológicos en las Unidades de Formadoras de Colonias en coliformes totales fueron en captación de  $18.67 \pm 28.05$ , en reservorio fue de  $18.08 \pm 13.51$ , en pileta domiciliaria fue de  $29.08 \pm 24.6$ , para los coliformes Termotolerantes en captación fue de  $6.67 \pm 16.83$ , en reservorio fue de  $1.75 \pm 2.60$  y en pileta domiciliaria fue de  $6.25 \pm 16.94$ . según la Norma Técnica 031-DIGESA en los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los valores normales para agua para consumo humano mientras para los coliformes totales y termotolerantes el valor normal debe de ser, cabe recalcar que para la investigación actual se identificó que a la salida de las piletas no cumplió con los límites al revisar sobre todo los fosfatos.

Atencio (2018), finalizada la investigación podemos determinar que la calidad del agua que consume la población de la localidad de San Antonio de Rancas no es apta para consumo humano, ya que los parámetros de coliformes fecales y totales no cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S N°031-2010-SA), asimismo la percepción local de los pobladores mencionan que esta satisfechos con la cantidad de agua que llega a sus viviendas pero no conocen de la calidad de esta, la misma realidad que se identificó en la investigación actual puesto que se observa que la mayoría de las persona son conoce lo que consume y prefieren tener abundante agua que mejorar su calidad.

Brousett et. al (2018), los resultados obtenidos fueron comparados con los valores estipulados por la OMS y la norma Calidad del Agua para Consumo Humano del Ministerio de Salud. Resultados: Los parámetros físico-químicos se encuentra dentro del rango aceptable, a excepción del Aluminio para agua superficial que sobrepasa en 0,065mg/l y para el caso de las aguas subterráneas fue excedido el Boro con 0,025mg/l, asimismo se evidenció valores elevados de coliformes totales en épocas de lluvia, llegando a 11 866,6 UFC/100ml ( $\pm 813,5$ ) como valor máximo. En conclusión, el agua que abastece al poblado de Chullunquiani no cumple con las normativas microbiológicas, demostrando la necesidad de implementar un programa de monitoreo que asegure una vigilancia sistemática de las fuentes de abastecimiento y distribución, de la misma forma se encontró que existe en la actual investigación una elevación de los fosfatos en las redes de distribución de agua y por lo tanto estas no deben ser consumidas de tal forma.

Por otro lado, Robles et al., (2013), reporto en su estudio físico química del agua del acuífero Tepalcingo-Axochiapan, Morelos, México en el manantial P4 con características fisicoquímicas en sólidos disueltos 1198,00 mg/L, sulfatos 740,00 mg/L y dureza total 736,00 mg/L, contrastando con la investigación actual este no llega a superar la cantidad de solidos disueltos en el agua, en cuyo ECA y LMP consideran hasta 1000 mg/L y este en el actual análisis no supera.

Los estudios de vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación de nitratos en el estado de Yucatán – México realizados por Pérez y Pacheco (2004) se obtuvieron los siguientes resultados de nitratos que corresponden a los pozos en época de estiaje; de los cuales 21 superaron el límite permisible de 45 mg/L de nitratos destacando el municipio de

Kopomá con 224,63 mg/L, esto puede deberse al aumento de fertilizantes nitrogenados comerciales empleados en la agricultura y al retorno de desechos derivados de la explotación pecuaria u otras fuentes al suelo.

En otra investigación realizada por Pérez et al (2004), indican valores entre (21,2 – 25,6), pH en unidades de pH (7,0 – 8,0), conductividad en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (383 – 639), turbidez en NTU (0,24 – 0,72), sólidos totales disueltos en mg/L (188 - 317), dureza total en mg/L (150,8 – 348,6), nitratos en mg/L (0,04 – 3,17), sulfatos en mg/L (25,85 – 54,84); para el análisis reciente se concuerda que los datos registrados en el monitoreo no logran superar los límites máximos permisibles con en la investigación de Pérez.

Abad (2014), en su investigación: Determinación de la calidad físico química de cinco manantiales de agua del distrito de Jacas Chico, los resultados para solidos totales fueron de 43,00 a 152,00 mg/L, cloruros 27,80 a 33,10 mg/L, dureza total 43,92 a 155,45 mg/L, sulfatos 14,33 a 69,88 mg/L y la turbiedad 0,07 a 0,76 UNT, Abad (2014), analizó cinco manantiales los cuales registraron valores en solidos totales muy por debajo de lo estipulado, lo mismo que paso en la actual investigación en donde no se superó ni los nitrato ni los fosfatos ni la turbidez dentro de la calidad de agua del centro poblado Potrerillo.

Además, Vilca (2011), indica que, en la calidad fisicoquímica del agua de consumo humano del Distrito de Vilque en el año 2011, reporto para la zona A: sólidos totales 85,93 mg/L, dureza total 187,00 mg/L y cloruros 8,22 mg/L. Por otro lado, Oruna (2010), en parámetros físico-químicos del agua potable de la ciudad de Puno reporto para solidos totales 352,00 a 1613,00 mg/L, alcalinidad de 27,72 a 637,44mg/l. de cualquier forma todos ellos son valores relativamente bajos, pero es necesario considerar que para evitar algunos de ellos, es necesario un previo tratamiento, el hecho de ser manantial y realizar un adecuado análisis de calidad no garantiza su inocuidad en las redes.

## CONCLUSIONES

1. La calidad físico química del agua del centro poblado Potrerillo comparados con los LMP de la norma peruana, no cumple para consumo humano, ya que el promedio de todos los meses monitoreados fueron : para fosfatos 26,01 mg/L (punto elevado), oxígeno disuelto con 5,86 mg/L, para los nitratos 0,16 mg/L, para la conductividad 0.3  $\mu$ s, para el pH 7,17 y el color 5,11 UPC, así mismo la temperatura con 24,96 °C, turbiedad con 1,24 UNT y los sólidos totales disueltos con 155,78 ppm.
2. El sistema de abastecimiento de agua para consumo humano en el centro poblado Potrerillo tiene un sistema de gravedad sin tratamiento para abastecer a su población.
3. El 100 % de la población cuenta con agua domiciliaria, la misma que solo el 30% de la población no confunde la desinfección de las infraestructuras del sistema con la cloración del agua y la retribución por pago al servicio solo lo realiza el 63% de la población.
4. De la segmentación física poligonal es un área irregular alargada y con pendiente pronunciada hacia los puntos más lejanos.
5. Por el análisis físico químico inicial (capitación) se encontró falencias en algunos parámetros por lo que el agua según el ECA no se destinaria al consumo humano, pero una continua limpieza a las infraestructuras del sistema de abastecimiento y un tratamiento adecuado de cloración el agua estaría en óptimas condiciones.
6. En los primeros puntos de monitoreo los parámetros físicos y químicos, según los (D.S. 004-2017 MINAM), los nitratos, conductividad y sólidos totales disueltos, se encuentran notablemente distanciados y por debajo del estándar exigido para la categoría 1: subcategoría A1: Aguas destinadas para el consumo humano; en cambio para el oxígeno disuelto, fosfatos superó, el pH se encuentra en el rango establecido de 6.5- 8.5.

## RECOMENDACIONES

El comité de la JASS debe realizar una mejor organización con el operador para poder realizar mejor sus actividades de limpieza y desinfección, así mismo se pueda mejorar la calidad del agua para su consumo de los pobladores.

Los encargados de la JASS deben tener conocimiento cuando una infraestructura de sistema de abastecimiento se encuentra en un estado bueno o malo para poder transmitir la información con mayor credibilidad y confianza cuando un representante de una autoridad o institución visite su centro poblado y requiera de dicha información siendo esta la oportunidad de solicitar el mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua.

A la municipalidad de Japelacio – Potrerillo, deberían tomar en cuenta un proyecto de mejoramiento del sistema de abastecimiento del agua y implementar un sistema de cloración que brinde una mejor calidad al agua.

A la municipalidad distrital de Japelacio - Potrerillo y entidad competente PNSR, deberían realizar reuniones para informar y concientizar sobre la responsabilidad del cuidado y el adecuado aprovechamiento de los recursos hídricos, el procedimiento correcto del mantenimiento del sistema de abastecimiento y la importancia de aportar con responsabilidad la cuota mensual que le corresponde a cada usuario.

A la entidad competente Ministerio de Vivienda – PNSR, deberían ampliar el sistema de abastecimiento en el centro poblado, debido a que la topografía de potrerillo no permite que todas sus zonas tengan la misma cobertura de agua, porque cuentan con un sistema de agua por gravedad sin tratamiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, A. Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de cinco. Invercion, SA. Lima. Perú. 2014.

AGUILAR O., NAVARRO B. Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017 (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de los Andes. 2018 Recuperado de: <http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/130/Tesis-Evaluacion>

AMBIENTAL-MINISTERIO, D. G. Reglamento de la Calidad del Agua para consumo humano. Lima-Perú. 2011

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – ANA. Agua en cifras Perú. 2019. Recuperado de: <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA, MINISTERIO DEL AMBIENTE. Clasificación del uso de Agua en el Perú. Lima, Perú. 2009

AROCHA R Abastecimiento de agua (Teoría y Diseño). Editorial Vegas. Cara-cas, Venezuela. 1980

ATENCIO H. Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas, del distrito de Simón Bolívar, provincia y region Pasco- 2018 (Tesis de pre grado). Universidad Nacional Daniel Alcides

Carrión. 2018. Recuperado de: [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/428/1/T026\\_70776177\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/428/1/T026_70776177_T.pdf)

BROOKS, P.C. Investigation of temperature effects on denitrifying bacterial populations in biological nutrient removal (BNR) system. MS. Thesis: Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA.1996. 123 p.

BROUSETT M., CHAMBI A., MOLLOCOMBO M., AGUILAR L., LUJANO F. Evaluación Físico-Química y Microbiológica de Agua para Consumo Humano Puno, Perú. Fides Et Ratio vol.15 no.15 La Paz mar. 2018

CALSIN V. K. Calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi de la ciudad de Juliaca, Puno – (Tesis para optar el Título de Lic. En Biología). Universidad Nacional del Altiplano Puno. 2015

CEDAL (2005). Desafíos del Derecho Humano al Agua en el Perú. Centro de asesoría laboral del Perú-CEDAL. Segunda edición. Perú. 2005

CRITES, R., & TCHOGANOGLOUS, G. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Bogota-Colombia: Mc Graw. conservación (D.C 275 ed.). Bogota: Eco Ediciones. 2000

CONDORI, W. estudio de abastecimiento de agua potable a bombeo distrito de samani. Colombia. Wat. 2000

CRUZ J. OROZCO M.; RAMÍREZ F.; Y Aguas subterráneas de pozos artesanales y efluentes hídricos de la costa de Chiapas (México) Hig Sanid Ambient.. Mexico. 2016

CUIDOELAGUA.ORG. Tipos de agua. Recuperado de: <http://www.cuidoelagua.org/empapate/origendelagua/tiposagua.html> 2019

FOGLER, H.S. Elements of Chemical Reaction Engineering. Prentice Hall. New Jersey. 1992. 240 p.

INGENIERÍA SIN FRONTERAS. Abastecimiento de Agua y Saneamiento. Tecnología para el Desarrollo Humano y acceso a los servicios básicos. Los autores y la Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres. Primera edición. 2005. Recuperado de: [https://previa.uclm.es/profesorado/igarrido/tecnocooperacion/Modulo\\_4\\_ISF\\_vdef.pdf](https://previa.uclm.es/profesorado/igarrido/tecnocooperacion/Modulo_4_ISF_vdef.pdf)

JIMENEZ J.M. Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Universidad veracruzana. Mexico. 2013. P.16-20

MIRANDA, N. Tecnología de aguas y control de calidad (primera 153 ed.). Puno: Univerisdad Nacional del Altiplano. 2000

MEJIA, M. Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria en la microcuenca el limón san jerónimo Honduras. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Costa Rica. 2005

MINSA MINISTERIO DE SALUD. Reglamento de la calidad de Agua para Consumo (D.S. 031 – 2010 S.A.) Direccion General de Salud. Perú. 2010

MUNN, CB. Marine Microbiology: ecology and applications. New York: BIOS Scientific Publisher. 2004.

MARCÓ L., AZARIO R., METZLER C., Y GARCÍA M. La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción. Uruguay. 2004

NAVINTA E. Y CONDORI L. Evaluación físico química de los parametros para metales pesados Boro (B) y Manganeso (Mn) del recurso hídrico para consumo humano en el centro poblado Mollendo – Islay (Tesis de pre grado). Universidad Nacional de San Agustin. 2016. Recuperado de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3056/>

ORDOÑEZ, J. Aguas subterráneas – Acuíferos. Cartilla Técnica. Editado por Sociedad Geográfica de Lima – Perú. 2011

ORELLANA J.A. Tratamiento de las aguas. Ingeniería Sanitaria- UTN – FRRO. Temática N°06. 2005. Recuperado de: [https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_06\\_Tratamiento\\_de\\_Aguas.pdf](https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf)



ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). Guías para la calidad del agua potable. OMS. 2003

ORUNA, N. Calidad microbiológica y los principales parámetros físico –químicos del agua potable de la Ciudad de Puno. (Tesis). Puno: Universidad Nacional del Altiplano. 2010

PÉREZ R. Y PACHECO J. Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación de nitratos en el estado de Yucatán. México 2004

PIQUERAS URBAN, V. Calidad físico química del agua en los manantiales de los términos municipales de benafer, caudiel y viver (castellón). Universidad Politécnica de Valencia Ingeniería Agronomica del Medio Natural. Valencia. 2015

PNSR- PROGRAMA NACIONAL DE SANEAMIENTO RURAL Estudio del centro poblado Potrerillo. San Martín. 2014

PNUD. Informe sobre desarrollo humano. Más allá de la escasez. Poder, pobreza y la crisis mundial del agua. Mundi Prensa Libros. Madrid. 2006.

PRIETO, J. El agua sus formas efectos abastecimiento, usos, daños, control y manantiales del distrito de jacas chico provincia de yarrowilca, region huanuco. Tesis para optar el titulo profesional de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biologicas, Univeridad Nacional del Altiplano. Puno-Peru.2004

REYNOLDS, J. Manejo integrado de aguas subterráneas, Un reto para el futuro. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José. Colombia. 2002

ROGER A, PITTMAN. Agua Potable para Poblaciones Rurales. Lima Perú. Septiembre 1997.

SPELLMAN, J. Manual de agua potable (XII ed.). Acribia. México. 2007

SAWYER, C.; L. MCCARTY; Y G. PARKIN. Química para Ingeniería Ambiental. Editorial Mc Gra Hill, cuarta edición. 2000

SEVERICHE C. Y GONZÁLEZ U. Evaluación analítica para la determinación de sulfatos en aguas por método turbidimétrico modificado. Aguas de Cartagena SA ESP. Julio-diciembre 2012.

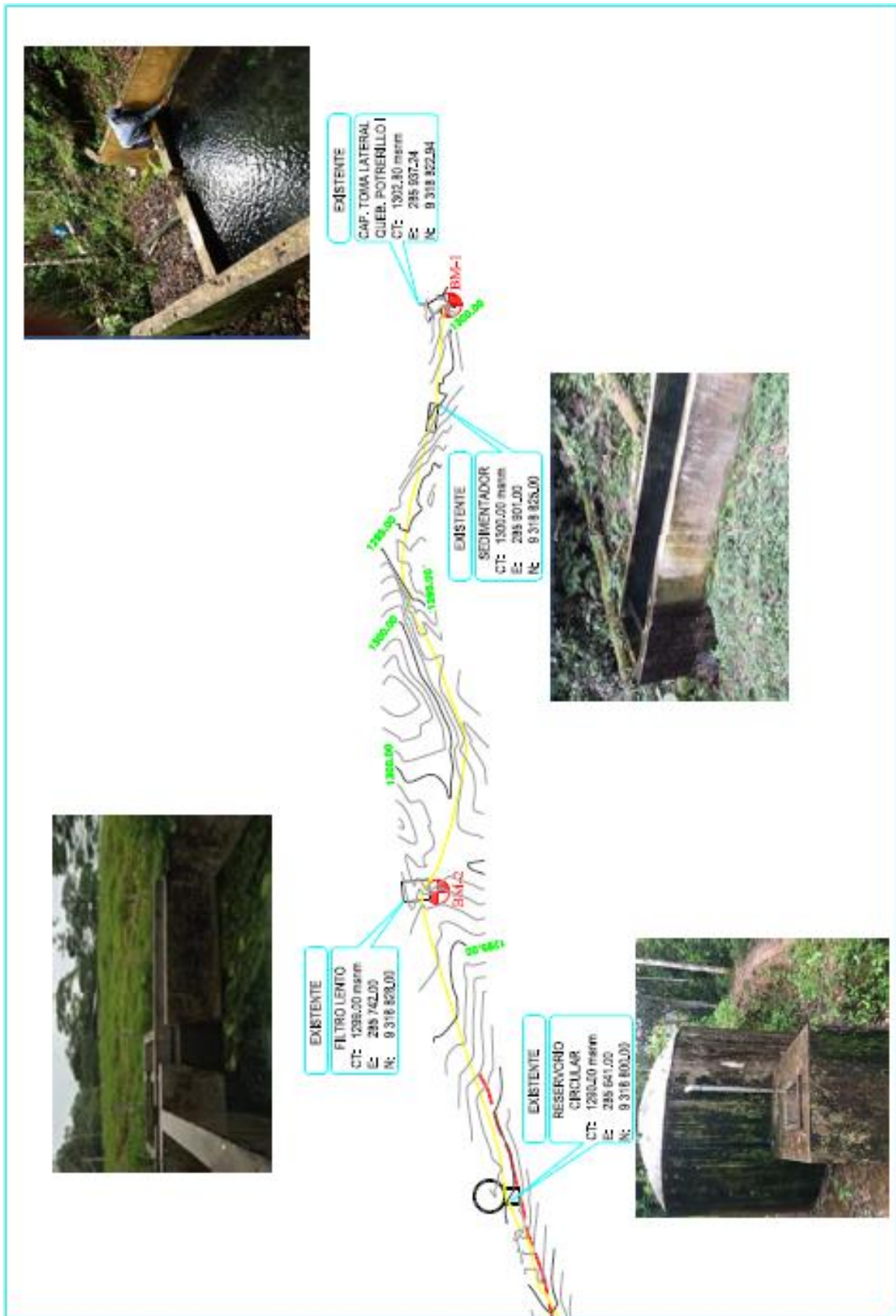
SIERRA C.A. Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico. Universidad de Medellín. Ediciones de la U. Colombia. 2011

TERÁN, P. Comparación de métodos para determinación de perímetros de protección de pozos y su aplicabilidad en algunos pozos del sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de El Vigía. Mérida- Venezuela. 2003.

VINELLI R. N.. “Estudio Analítico de Nitratos en Aguas Subterráneas en el Distrito San Pedro de Lloc”, Perú. 2012

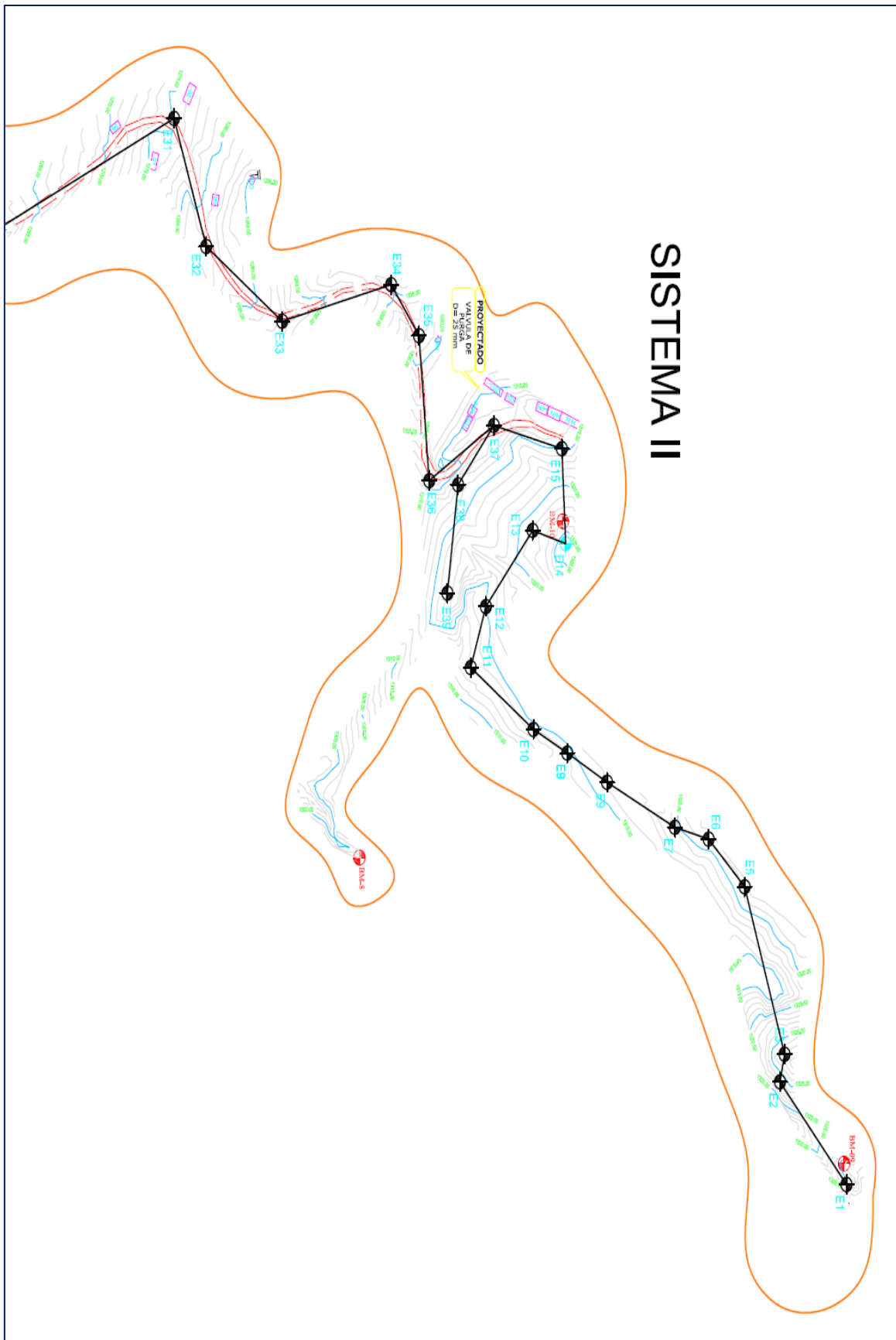
**ANEXOS**

Anexo 1: Plano del sistema existente





Anexo 3: Plano de la segmentación poligonal- Sistema II



### Anexo 4: Plano de micro y macro localización



Figura 22. Macrolocalización del distrito de Potrerillo



Figura 23. Microlocalización del distrito Potrerillo

## Anexo 5: Formato de encuesta

### ENCUESTA N°.....

#### A. INFORMACION BASICA

APELLIDOS Y NOMBRES:

.....

FECHA: ..... DIRECCIÓN: .....

DEPARTAMENTO: SAN MARTÍN DISTRITO: JEPELACIO CENTRO POBLADO:  
POTRERILLO

#### B. INFORMACIÓN SOBRE VIVIENDA

1. ¿CUANTOS VIVEN EN SU HOGAR? .....

2. MATERIAL PREDOMINANTE EN LA CASA

ADOBE ( ) MADERA ( ) MATERIAL NOBLE ( ) QUINCHA ( )

OTRO.....

3. POSEE RED DE AGUA SI ( ) NO ( ) ¿PORQUE?

.....

4. POSEE RED DE DESAGÜE SI ( ) , NO ( ) si es esta su respuesta especifique  
cual:

POZO SEPTICO ( )

LETRINA ( )

OTRO.....

5. ¿CUÁL ES LA CONTINUIDAD DEL SERVICIO DEL AGUA?



A. Época	B. Horas al día	C. Días a la semana	D. % de familias que abastece el sistema
a. ¿Durante todo el año?.....			
b. ¿En época de estiaje?.....			
c. ¿En época de lluvia?.....			

Si en todas las preguntas: col. B= 24 horas; col. C=7 días y col. D= 100%

**6. ¿CUANDO FUE LA ÚLTIMA INTERVENCIÓN EN MEJORAMIENTO, AMPLIACIÓN Y/O REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA?**

--	--	--	--

**¿QUIÉN O QUIENES ESTAN ENCARGADOS DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA?**

.....

.....

**7. ¿CADA CUANTO TIEMPO HACEN EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA?**

- Cada mes..... ( )
- 4 veces al año (cada 3 meses)..... ( )
- 3 veces al año (cada 4 meses)..... ( )
- 2 veces al año (cada 6 meses)..... ( )
- Nunca..... ( )
- Otro (especifique).....

**8. ¿CÓMO ES EL AGUA QUE CONSUMEN?**

- Agua clara todo el año..... ( )
- Agua turbia..... ( )

Agua tiene color (rojizo, plomo, amarillo)..... ( )

Otro (especifique) .....

**9.** ¿SE REALIZA LA CLORACIÓN DEL AGUA?

SI ( ) NO ( )

**10.** ¿CREE QUE LA CLORACIÓN ES UN BUEN TRATAMIENTO PARA EL AGUA?

.....  
 .....

**11.** ¿CUENTAN CON MEDIDORES DE AGUA? SI ( ) NO ( )

**12.** ¿CUÁNTO PAGAS MENSUALMENTE / ANUALMENTE POR EL SERVICIO DE AGUA?

.....  
 .....

**13.** ¿ESTÁ DE ACUERDO CON EL PAGO POR EL SERVICIO DE AGUA?

SI ( ) NO ( )

PORQUE.....

**14.** ¿CONSIDERA QUE SI EL SERVICIO DE AGUA CUMPLE CON LOS PARAMETROS FISICOS QUIMICOS SERIA NECESARIO CLORARLO?

.....

**Anexo 6: Panel fotográfico**

*Fotografía 1.* Estado de caja de valvulas.



*Fotografía 2.* Estado de la red de distribución.





**Fotografía 3.** Encuesta a pobladores



**Fotografía 4.** Toma de coordenadas (GPS)



**Fotografía 6.** Toma de muestra en captación



**Fotografía 6.** Toma de muestra en vivienda

### Anexo 7: Ficha de recolección de datos

ANÁLISIS DE PARÁMETROS EX SITU										
Laboratorio: Universidad Nacional de San Martín - Escuela de Ingeniería Sanitaria										
Fecha:	14/09/2018				Muestreo N°: 01					
RESULTADOS										
N° Punto	Nitratos (mg/L)	Color UPC	OD (mg/L)	Turbidez (UNT)	STD (mg/L)	T° (°C)	T° IN SITU (°C)	pH (pH)	Fosfatos (mg/L)	Conductividad (µmho/cm)
1	0,03	10	5,4	1,46	156	26,5	21	6,5	18,5	0,37
2	0,01	0	5,47	1,45	157	26,9	21,8	6,7	20,3	0,294
3	0,06	20	5,2	5,93	156	27	22	6,7	45,4	0,289
4	0,01	15	5,37	1,85	152	26,5	21,7	6,5	23,9	0,37

LEYENDA DE PUNTOS	
P1	Captación
P2	Reservorio
P3 Y P4	Red de distribución

### ANÁLISIS DE PARÁMETROS EX SITU

**Laboratorio: Universidad Nacional de San Martín - Escuela de Ingeniería Sanitaria**

**Fecha:**

**17/11/2018**

**Muestreo N°: 02**

### RESULTADOS

N° Punto	Nitratos (mg/L)	Color UPC	OD (mg/L)	Turbidez (UNT)	STD (mg/L)	T° (°C)	T° IN SITU (°C)	pH (pH)	Fosfatos (mg/L)	Conductividad (µmho/cm)
1	1,40	0	5,58	0,68	159	24,7	22	7,16	8,4	0,30
2	1,3	0	6,24	0,64	155	24,3	22	7,4	48,1	0,29
3	0,02	1	6,21	0,95	158	24,4	21,7	7,57	19,8	0,29
4	0,01	0	6,19	0,31	158	24,3	22	7,39	26,9	0,29

#### LEYENDA DE PUNTOS

P1	Captación
P2	Reservorio
P3 Y P4	Red de distribución

### ANÁLISIS DE PARÁMETROS EX SITU

**Laboratorio: Universidad Nacional de San Martín - Escuela de Ingeniería Sanitaria**

**Fecha:** 21/01/2019 **Muestreo N°: 03**

### RESULTADOS

N° Punto	Nitratos (mg/L)	Color UPC	OD (mg/L)	Turbidez (UNT)	STD (mg/L)	T° (°C)	T° IN SITU (°C)	pH (pH)	Fosfatos (mg/L)	Conductividad (µmho/cm)
1	0,01	10	5,54	0,71	1,61	23,5	21,5	6,95	38,4	0,29
2	0	0	6,03	0	156	23,6	22,3	7,34	8,5	0,27
3	0	10	6,11	0	155	23,7	21,9	7,44	23,1	0,29
4	0	0	5,89	0	155	23,9	22	7,5	18,2	0,29

#### LEYENDA DE PUNTOS

P1	Captación
P2	Reservorio
P3 Y P4	Red de distribución