

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO  
HUMANO EN LA COMUNIDAD SAN RAFAEL, PROVINCIA DE  
PICHINCHA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN AGUA Y SANEAMIENTO  
AMBIENTAL**

**RODRIGO FERNANDO PALACIOS PILLAJO**

[rodrigo.palacios@epn.edu.ec](mailto:rodrigo.palacios@epn.edu.ec)

**LIZETH CAROLINA VELASTEGUI QUINTEROS**

[lizeth.velastegui@epn.edu.ec](mailto:lizeth.velastegui@epn.edu.ec)

**DIRECTOR: Ing. Sandra Patricia Panchi Jima MSc.**

[sandra.panchi@epn.edu.ec](mailto:sandra.panchi@epn.edu.ec)

**CODIRECTOR: Ing. Nathalia Teresa Valencia Bonilla MSc.**

[nathalia.valencia@epn.edu.ec](mailto:nathalia.valencia@epn.edu.ec)

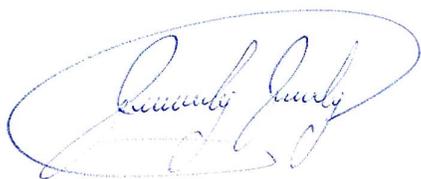
**Quito, Agosto del 2020**

## **AVAL DEL DIRECTOR**

## DECLARACIÓN

Nosotros Rodrigo Fernando Palacios Pillajo y Lizeth Carolina Velastegui Quinteros, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



---

**Rodrigo Fernando Palacios Pillajo**



---

**Lizeth Carolina Velastegui Quinteros**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el trabajo fue desarrollado por Rodrigo Fernando Palacios Pillajo y Lizeth Carolina Velastegui Quinteros, bajo nuestra certificación.

---

Ing. Sandra Patricia Panchi MSc.  
DIRECTORA DEL PROYECTO

---

Ing. Nathalia Teresa Valencia MSc.  
CODIRECTOR DEL PROYECTO

## AGRADECIMIENTO

Quiero agradecerle a Dios por guiarme y mantenerme firme en el arduo camino del aprendizaje, que pese a los obstáculos que se han presentado en mi vida me ha brindado fortaleza para seguir adelante.

A mis padres que siempre me apoyaron incondicionalmente desde mis primeros pasos y durante mi formación profesional.

A mis hermanos que en todo momento me apoyaron y nunca me dejaron solo.

A mis amigos que con sus ocurrencias siempre me impulsaron a ser mejor.

Rodrigo

Agradezco a mi Dios por iluminarme con su luz en cada etapa de mi vida, gracias por la salud, sabiduría, fortaleza, inteligencia y fe que me has dado para alcanzar mis metas.

A mi hermano Byron que vives en mi corazón gracias por guiarme y cuidarme en todas las etapas de mi vida.

A los Ingenieros Patricia, Nathalia y Luis; quienes han sembrado en mí semillas de conocimiento, práctica, perseverancia, crecimiento profesional y personal, gracias por acompañarme en esta etapa importante de mi vida.

Lizeth

Al señor Luis Inaquiza presidente de la comunidad San Rafael un agradecimiento especial por abrirnos las puertas de la comunidad y por todo el apoyo brindado durante la ejecución del proyecto.

Rodrigo y Lizeth

## DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios por brindarme fortaleza, sabiduría, inteligencia y permitirme culminar mi educación superior.

A mi madre, Nancy y abuelita Zoila, que desde el cielo continúan guiando mis pasos, quienes siempre han estado conmigo y ser un pilar fundamental en mi vida, por sus sabios consejos y regaños que me daban. Gracias a ellos me he convertido en un profesional como ustedes siempre lo querían que fuera.

Esta tesis es un logro más que llevo a cabo, y sin lugar a dudas ha sido en gran parte gracias a ustedes; no sé en donde me encontraría de no ser por tu apoyo, compañía, y amor.

Les vivo agradecido mamita querida y abuelita, donde sea que se encuentren.

A mi padre, Rodrigo, por todo su esfuerzo para que nunca nos falte nada a mí, mi madre y mis hermanos, por siempre ser un apoyo y ejemplo de lucha. Y primordialmente por su confianza depositada durante esta etapa de mi vida que se culmina.

A mis hermanos, David, Erick, Luis, Camila y Emily, por ser mi motivación a ser mejor día a día, ser un ejemplo para ustedes y darme su confianza, son la mejor compañía que pude tener en mi vida.

A mi mejor amiga, Grace, por apoyarme en los momentos buenos y malos por los que he transcurrido, por su enseñanza, amistad y lealtad. Siempre gracias.

Mis agradecimientos a las Ingenieras Patricia Panchi y Nathalia Valencia, por sus conocimientos impartidos, paciencia y apoyo en el transcurso de todo el proyecto de titulación.

Rodrigo

## DEDICATORIA

A mi Dios, porque él fue quien me puso en este camino mostrándome esta prestigiosa universidad, pues en el trayecto me diste todo lo que necesitaba: fuerza, sabiduría, fe, inteligencia, fortaleza para seguir adelante y bendecir esta etapa de mi vida, gracias por enseñarme que todo es posible.

A mi ángel del cielo hermano Byron Velastegui por ser la luz que ilumina mi vida, quien desde el cielo me acompaña en todos mis caminos y me da fuerza para salir adelante, gracias por tu amor y manifestarte como mi apoyo total en este proyecto.

A mis padres Susana Quinteros y Wilson Velastegui quienes me han enseñado a caminar en todo tipo de sendero, gracias por su apoyo incondicional, tolerancia y por educarme con amor y convertirme en una bella mujer y profesional, los amo.

A mis padrinos, por apoyarme, fortalecerme con sus consejos y amor, gracias por permitirme disfrutar a su lado cada etapa de mi vida.

A una persona especial, quien me guía, me ayuda a crecer como persona y profesional, gracias por su apoyo, paciencia y comprensión en la realización de mi proyecto de titulación gracias por ser el mejor.

A mis amigos Estefy Rodríguez, Karen Sánchez y hermano Gabriel Velastegui gracias por su amistad, enseñanza y apoyo.

Mi gratitud infinita a las ingenieras Patricia Panchi y Nathalia Valencia quienes me proporcionaron su apoyo absoluto en los momentos de dificultad, gracias a cada ingeniera por la paciencia, transmitirme sus conocimientos y apoyarme en mi proyecto de titulación.

Lizeth

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL DEL DIRECTOR .....	1
DECLARACIÓN .....	2
CERTIFICACIÓN .....	3
AGRADECIMIENTO .....	4
DEDICATORIA .....	5
DEDICATORIA .....	6
1 INTRODUCCIÓN .....	14
1.1 Objetivos .....	15
1.1.1 Objetivo General .....	15
1.1.2 Objetivo Especifico .....	15
1.2 Alcance .....	15
1.3 Justificación .....	16
1.4 Marco Teórico .....	17
1.4.1 Calidad del agua .....	17
1.4.2 Componentes principales .....	17
1.4.3 Parámetros <i>In situ</i> .....	17
1.4.4 Parámetros químicos .....	19
1.4.5 Parámetros microbiológicos .....	23
1.5 Muestreo .....	23
1.5.1 Tipos de muestras .....	23
1.6 Sistema de abastecimiento del agua .....	24
1.6.1 Componentes del sistema de abastecimiento de agua .....	25
1.7 Socialización .....	26
2 METODOLOGÍA .....	26
2.1 Características socioeconómicas de la comunidad San Rafael .....	26
2.1.1 Tamaño de muestra para la elaboración de encuestas .....	27
2.2 Visita preliminar .....	28
2.3 Planificación del plan de muestreo .....	28
2.3.1 Ubicación de los puntos de muestreo .....	29
2.3.2 Plan de Muestreo .....	30
2.3.3 Materiales y equipos para el muestreo .....	32
2.3.4 Identificación de las muestras .....	33
2.3.5 Descripción de los puntos de muestreo .....	33
2.3.1 Análisis de parámetros <i>in situ</i> .....	35
2.3.2 Preservación y almacenamiento .....	36

2.3.3	Recipientes.....	37
2.3.4	Medición de caudal.....	39
2.4	Métodos utilizados para la realización de ensayos en el laboratorio.....	41
3	Principales estructuras del sistema de abastecimiento del agua para consumo. .	44
3.1	Esquema del Sistema de Abastecimiento de agua de la Comunidad San Rafael45	
3.1.1	Fuentes de abastecimiento.....	46
3.1.2	Captación.....	46
3.1.3	Línea de Conducción.....	46
3.1.3	Pretratamiento.....	47
	.....	49
3.1.4	Almacenamiento.....	49
3.1.5	Red de distribución.....	52
3.1.6	Conexión domiciliaria.....	53
3.2	Socialización.....	54
4	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	55
4.1	Método de recolección de datos socioeconómicos.....	55
4.2	Resultados de la calidad del agua.....	65
4.2.1	Parámetros analizados.....	65
4.2.2	Parámetros <i>In situ</i> .....	68
4.2.3	Parámetros Químicos.....	73
4.2.4	Parámetros Microbiológicos.....	87
4.3	Evaluación de resultados y comparación con las normas vigentes.....	88
4.3.1	Análisis de Cumplimiento Global.....	92
4.4	Mantenimiento para las principales estructuras del sistema de abastecimiento	92
4.5	Socialización del Proyecto.....	98
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99
5.1	Conclusiones.....	99
5.2	Recomendaciones.....	101
6	Bibliografía.....	103
7	Anexos.....	109

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las aguas según su dureza.....	19
Tabla 2 Número de encuestas.....	28
Tabla 3 Características de los puntos de muestreo.....	30
Tabla 4 Detalle de los puntos identificados para el muestreo.....	31
Tabla 5 Equipos utilizados para analizar los parámetros in-situ.....	32
Tabla 6 Técnicas para la conservación de muestras.....	38
Tabla 7 Datos de la lectura del molinete P1 (Ingreso del agua al serpentín).....	39
Tabla 8 Datos de la lectura del molinete P1 (Salida del agua del Serpentín).....	39
Tabla 9 Resultados de Caudales.....	40
Tabla 10 Métodos aplicados para los análisis químicos y microbiológicos.....	42
Tabla 11. Pregunta 1: ¿Cuáles son los principales combustibles o energías que utiliza para cocinar?.....	55
Tabla 12. Pregunta 2: ¿Actualmente se encuentra trabajando?.....	56
Tabla 13. Pregunta 3: ¿Usted recibe el Bono de Desarrollo Humano?.....	57
Tabla 14. Pregunta 4: ¿Usted posee cultivos en su vivienda?.....	58
Tabla 15. Pregunta 5: ¿Cuál es la actividad económica que realiza?.....	59
Tabla 16. Pregunta 6: ¿Realiza usted medidas preventivas antes de consumir el agua?.....	60
Tabla 17. Pregunta 7: ¿Cuál es la disposición final de las excretas que se generan en las baterías sanitarias?.....	61
Tabla 18. Pregunta 8: ¿Cómo se elimina la basura de la vivienda?.....	62
Tabla 19. Pregunta 9: ¿El servicio de energía eléctrica para su vivienda proviene de?.....	63
Tabla 20. Pregunta 10: ¿Cuál es el medio de transporte para movilizarse dentro y fuera de la zona?:.....	64
Tabla 21. Resultados de los parámetros <i>in situ</i> analizados en los 5 puntos de muestreo en las 3 campañas realizadas.....	66
Tabla 22. Resultados de parámetros químicos y microbiológicos analizados en los 5 puntos de muestreo en las 3 campañas realizadas.....	67
Tabla 23 Resultados de los Análisis físicos, químicos y microbiológicos con la normativa TULSMA.....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistema de abastecimiento de agua (OPS, 2016).....	24
Figura 2 Entrevista semi estructurada y encuestas en campo .....	27
Figura 3 Visita preliminar .....	28
Figura 4 Ubicación geográfica, puntos de muestreo y vertientes en la comunidad de San Rafael.....	29
Figura 5 Registro de coordenadas mediante GPS .....	30
Figura 6 Puntos de muestreo (Google Earth , 2019).....	31
Figura 7 Rotulación de muestras .....	33
Figura 8 Muestreo en la captación .....	33
Figura 9 Muestreo en los reservorios .....	34
Figura 10 Muestreo en la conexión domiciliaria .....	34
Figura 11 Medición del oxígeno disuelto .....	35
Figura 12 Medición de conductividad .....	35
Figura 13 Medición de ph .....	36
Figura 14 Medición de turbiedad.....	36
Figura 15 Transporte de muestras .....	38
Figura 16 Molinete .....	39
Figura 17 Método de aforo con molinete.....	40
Figura 18 Muestras recolectadas .....	41
Figura 19 Análisis químicos y microbiológicos .....	42
Figura 20 Vista en planta del sistema de abastecimiento de agua .....	45
Figura 21 Captación .....	46
Figura 22 Tanque de llegada .....	48
Figura 23 Pretratamiento .....	49
Figura 24 Caja de válvulas de reservorios .....	50
Figura 25 Reservorio 1 .....	51
Figura 26 Reservorio 2 .....	52
Figura 27 Componentes principales.....	53
Figura 28 Conexión domiciliaria.....	54
Figura 29 Tasa del uso de energía o combustibles.....	55
Figura 30 Tasa de empleo .....	56
Figura 31 Tasa del bono del desarrollo humano .....	57
Figura 32 Tasa de cultivos en las viviendas.....	58
Figura 33 Tasa de las actividades económicas que se realiza en la comunidad .....	59
Figura 34 Tasa de medidas preventivas .....	60
Figura 35 Disposición final de las excretas .....	61
Figura 36 Disposición final de la basura.....	62
Figura 37 Servicio de energía eléctrica .....	63
Figura 38 Medios de transporte .....	64
Figura 39 Variabilidad de ph en los puntos de muestreo.....	68
Figura 40 Variabilidad de la conductividad eléctrica en los puntos de muestreo en las tres campañas .....	69

Figura 41 Variabilidad de la temperatura en los puntos de muestreo en las tres campañas .....	70
Figura 42 Variabilidad del oxígeno disuelto en los puntos.....	71
Figura 43 Variabilidad de la turbiedad en los puntos de muestreo en las tres campañas .....	72
Figura 44 Variabilidad de sólidos totales y sólidos .....	73
Figura 45 Variabilidad de la alcalinidad en los puntos.....	74
Figura 46 Variabilidad de la dureza en los puntos.....	75
Figura 47 Variabilidad de la demanda química de oxígeno en los puntos de muestreo .....	76
Figura 48 Variabilidad de la DBO en los puntos de muestreo .....	77
Figura 49 Variabilidad denitritos en los puntos de muestreo .....	78
Figura 50 Variabilidad de nitratos en los puntos de muestreo .....	79
Figura 51 Variabilidad de nitrógeno amoniacal en los puntos de muestreo.....	80
Figura 52 Variabilidad de tensoactivos en los puntos de muestreo .....	81
Figura 53 Variabilidad de fosfatos y sulfatos en los puntos de muestreo .....	82
Figura 54 Variabilidad de aluminio en los puntos de muestreo .....	83
Figura 55 Variabilidad de cobre en los puntos de muestreo.....	84
Figura 56 Variabilidad de cromo hexavalente en los puntos de muestreo.....	85
Figura 57 Variabilidad de hierro total en los puntos de muestreo.....	86
Figura 58 Variabilidad de coliformes totales y coliformes fecales en los puntos de muestreo.....	87
Figura 59 Muestreo en el P1 Pretratamiento (Serpentín).....	109
Figura 60 Muestreo en el P2 Reservorio 1.....	109
Figura 61 Muestreo en el P3 Reservorio 2.....	109
Figura 62 Muestreo en la Conexión Domiciliaria.....	109
Figura 63 Plataforma de Video llamadas "Zoom".....	109

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Probabilidades para poblaciones definidas.....	27
Ecuación 2. Cálculo del número de encuestas .....	27
Ecuación 3. Cálculo del Caudal .....	40

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación comprende la evaluación de la calidad del agua de consumo humano en la comunidad San Rafael, Provincia de Pichincha. Se realizó el levantamiento de información en campo, se determinaron las características del agua y el diagnóstico del sistema de abastecimiento y distribución del agua. Además mediante encuestas y entrevistas se identificaron las características socioeconómicas, usos de agua y acceso a los servicios básicos de la comunidad.

Durante el proyecto se realizaron visitas en campo para la recolección de muestras y medición de parámetros en los siguientes puntos de muestreo: I) pretratamiento (serpentín), II) reservorio uno, III) reservorio dos, VI) última conexión domiciliaria. Se realizaron ensayos químicos y microbiológicos y los resultados obtenidos fueron evaluados y verificados con la normativa TULSMA, Libro VI Anexo I tabla 1.

Finalmente, se realizó el diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua, mediante la verificación del estado de las principales estructuras: pretratamiento (serpentín), reservorio uno y dos, válvulas, accesorios, red de distribución y conexión domiciliaria. Respecto al mantenimiento del sistema, se elaboraron formatos de registro, fichas de mantenimiento preventivo y correctivo, con el fin de prolongar el tiempo de vida útil de la infraestructura existente.

**Palabras claves:** socialización, muestreo, calidad del agua, límites permisibles, fichas de mantenimiento.

## ABSTRACT

This project includes the evaluation of the water quality for human consumption in the community San Rafael, Province of Pichincha. The information was collected in the field, the characteristics of the water were determined, the diagnosis of the supply system and water distribution. In addition, through surveys and interviews, identified the community's socio economic characteristics, water uses and access to basic services

During the project, field visits were made for sampling and parameters measurement at the following sampling points: I) pretreatment (serpentín), II) reservoir one, III) reservoir two, VI) last home connection. Chemical and microbiological tests were carried out and the results obtained were evaluated and compared with the norm according to (TULSMA) Libro VI Anexo I Tabla 1.

Finally, the diagnosis of the water supply system was made by verifying the condition of the main structures: pretreatment (serpentín), reservoir one and two, valves, accessories, distribution network and home connection. With respect to system maintenance, record formats, preventive and corrective maintenance sheets were prepared, in order to extend the useful life of the existing infrastructure.

**Keywords:** socialization, sampling, water quality, permissible limits, maintenance sheets.

# 1 INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso limitado e indispensable para todas las formas de vida que habitan los distintos ecosistemas del planeta, y ha tenido un papel fundamental dentro del desarrollo de la civilización, esta funciona como recurso renovable si está bien gestionado, siendo fundamental para el crecimiento socio económico, ecosistemas salubres, bienestar y supervivencia humana (PNBV, 2017).

En efecto el recurso hídrico ha sido destinado primordialmente para satisfacer las necesidades de los seres humanos tales como: actividades productivas, consumo doméstico, uso agrícola, riego, generación de energía, etc. Sin embargo, el acelerado crecimiento poblacional y la expansión industrial, han provocado que se requiera de más fuentes de agua limpia, mismas que se encuentran cada vez más lejos principalmente en páramos o reservas protegidas, y deben ser transportadas hacia las grandes ciudades para su tratamiento, ocasionando una alteración en el ciclo natural del agua (MSP, 2018).

A su vez el crecimiento poblacional produce un aumento del consumo de agua per cápita y por ende su demanda aumenta, provocando un acrecentamiento de la extracción del recurso y poniendo en peligro la función eco-sistémica, pérdida de biodiversidad, y medios de subsistencia. Las fuentes naturales se deterioran y ocasionan altos costos de remediación o inclusive elevados niveles de contaminación, imposibilitando cualquier uso futuro (Segrelles, 2001).

En los sectores rurales y urbanos del país el abastecimiento del agua se vuelve cada vez más difícil, debido al acceso restringido a fuentes de suministro de agua superficial que cuenten con una calidad adecuada para ser destinadas al consumo humano, lo que ocasiona la elevación de los costos asociados a la captación, conducción, y tratamiento de las mismas (Lárraga, 2016). Ante esta problemática, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha elaborado programas que incentivan la intervención de las comunidades en la toma de decisiones, respecto al cuidado de las fuentes de abastecimiento para garantizar el derecho a disponer de agua segura y accesible a la población (OMS, 2018).

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo General**

Evaluar la calidad del agua de consumo humano en la comunidad San Rafael, Provincia de Pichincha.

### **1.1.2 Objetivo Especifico**

- Identificar las características socioeconómicas de la zona de estudio.
- Determinar la calidad del agua utilizada para abastecimiento de la comunidad San Rafael.
- Enlistar el estado de las principales estructuras de conducción de agua desde la captación hasta las conexiones domiciliarias.
- Difundir los resultados obtenidos del proyecto respecto a la calidad del agua desde la fuente hasta las conexiones domiciliarias a la comunidad.

## **1.2 Alcance**

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad evaluar la calidad del agua de consumo humano en la comunidad San Rafael, mediante el análisis *in situ*, químico y microbiológico del agua. Los resultados obtenidos fueron verificados con los criterios de calidad de agua para consumo humano y doméstico de la norma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) Libro VI Anexo I tabla 1.

Para la determinación de la calidad del agua fue necesario establecer un proceso que permita la organización y ejecución del estudio que consistió en lo siguiente: I) levantamiento de información en campo donde se obtuvo datos socioeconómicos del área de estudio, II) plan de muestreo, III) análisis de muestras en el laboratorio, IV) verificación y procesamiento de datos, V) diagnóstico del sistema de abastecimiento y distribución VI) elaboración fichas de mantenimiento preventivo y correctivo, VII) sociabilización de los resultados.

### 1.3 Justificación

San Rafael pertenece a la parroquia rural de Checa, se ubica en dirección norte del DMQ. La comunidad cuenta con una población aproximada de 60 familias, abarcando grupos de alta vulnerabilidad como son niños y personas de la tercera edad, propensos a presentar problemas de salud ocasionados por la falta de abastecimiento de agua de buena calidad y desempleo, por este razón, es importante identificar las características socioeconómicas, usos del agua, acceso a los servicios básicos y datos sobre el área de estudio, a través técnicas de recolección de datos como: entrevista Semi-estructurada al presidente de la Junta de agua y encuestas aplicadas a los comuneros

La comunidad cuenta con un sistema de abastecimiento de agua a gravedad, proveniente de las siguientes vertientes: Yanarumy, Pukatoro, Saltiacocha, Sandoval, Tufingo, Atukhuachana, Santa Cecilia y San Alberto las mismas que no han recibido previamente ningún tratamiento o desinfección para su consumo. De modo que, en esta zona rural existe contaminación natural, antropogénica y agrícola, y no se ha realizado ningún estudio de calidad del agua, siendo este de vital importancia por ser un factor que puede afectar a la salud de los habitantes. Por ende, este proyecto tiene la finalidad evaluar la calidad de agua de consumo humano, a través del análisis de parámetros *in situ*, químicos y microbiológicos. Los resultados obtenidos han sido verificados entre normativas vigentes.

Con respecto al sistema de abastecimiento de agua, los directivos de la comunidad construyeron dicho sistema por sus propios medios en el año 2013, con el objetivo de satisfacer sus necesidades de consumo y uso de agua. Desde que se construyó el sistema, no se ha realizado el diagnóstico, ni control de actividades de mantenimiento. Por esta razón, surge la necesidad de realizar el levantamiento de información del estado de las principales estructuras para el abastecimiento de agua, desde el pretratamiento (serpentín) hasta la última conexión domiciliaria, además de identificar posibles fuentes de contaminación asociadas a la infraestructura existente. Las actividades fueron detalladas en fichas de mantenimiento preventivo y correctivo que permiten preservar y mantener la infraestructura.

## **1.4 Marco Teórico**

### **1.4.1 Calidad del agua**

El agua se considera apta para el consumo humano si satisface los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos mínimos exigidos por la normativa vigente en función del uso que se le va a dar. Bajo estas consideraciones el agua presenta contaminación cuando sufre cambios que afectan a su uso real o potencial y no cumple con los requisitos mínimos. Se debe aplicar tratamientos que permitan disminuir o eliminar la carga de contaminantes ( Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2007).

### **1.4.2 Componentes principales**

En la evaluación y caracterización de la calidad del agua, los parámetros a monitorear son; físicos, químicos y microbiológicos, en base a las siguientes normativas: Acuerdo ministerial No. 028, Libro VI Anexo I del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes Recurso Agua reformado, mediante el Acuerdo Ministerial No.061, y la norma INEN 1108:2011.

### **1.4.3 Parámetros *In situ***

- **Potencial hidrógeno (pH)**

Mide la concentración de iones de hidrógeno ( $H^+$ ) presentes en una muestra de agua, siendo una medida que expresa el grado de acidez o basicidad de una solución en una escala que varía entre 0 y 14. La acidez aumenta cuando el pH disminuye si el pH es menor a 7 se dice que es ácido, mientras que, si es mayor a 7 es básico o alcalino, y una solución con pH 7 será neutra (United States Environmental Protection Agency (EPA), 2016).

- **Conductividad eléctrica**

Está relacionada con la presencia de sales en solución, cuya disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica, si el fluido es sometido a un campo eléctrico. La conductividad se expresa mediante siemens por centímetro (S/cm) (HACH COMPANY, 2016).

- **Temperatura**

Permite el desarrollo de procesos que en ella se realizan, este parámetro influye en el grado de saturación del oxígeno disuelto, la actividad biológica, la velocidad de la fotosíntesis de las algas y otras plantas acuáticas, la sensibilidad de organismos a desechos tóxicos, parásitos y enfermedades, la solubilidad de gases y minerales y el valor de saturación con carbonato de calcio en el agua.

Su análisis se realiza *in situ*, para su medición lo ideal es utilizar un termómetro de mercurio para obtener resultados confiables. La unidad en la que se expresa la temperatura es en grados centígrados (°C) (Metcalf & Eddy, 2006).

- **Oxígeno disuelto (OD)**

Proviene principalmente del oxígeno del aire que se ha disuelto en el agua, el cual se difunde rápidamente en un cuerpo hídrico debido a la turbulencia en los ríos, el viento en los lagos, y parte del oxígeno disuelto en el agua es el resultado de la fotosíntesis de las plantas acuáticas. Generalmente, es necesaria una concentración de 5 mg/L para sostener la vida acuática en los cuerpos superficiales, y en concentraciones menores a 3mg/L pueden ser letales (Peña, 2007).

La solubilidad del oxígeno depende principalmente de la presión atmosférica de cada sitio, la temperatura del cuerpo de agua y del contenido de sales disueltas. La solubilidad del oxígeno en el agua es directamente proporcional a la presión e inversamente proporcional a la temperatura (Peña, 2007).

- **Turbiedad**

Es causada por material suspendido y coloidal (arcilla, sedimento, materia orgánica y microorganismos). Es la propiedad óptica de una suspensión donde la luz es reemitida y no transmitida a través de la suspensión. A mayor intensidad de dispersión de luz, la turbiedad será mayor (Ideam, 2015).

Las unidades en las que se expresa la turbiedad es NTU (unidades nefelométricas de turbiedad) 5 NTU es el límite máximo permisible de turbiedad en el agua para consumo (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2006).

#### 1.4.4 Parámetros químicos

- **Alcalinidad**

Se determina como la capacidad para: neutralizar ácidos, reaccionar con iones de hidrogeno, aceptar protones o como la medida de su contenido total de sustancias alcalinas ( $\text{OH}^-$ ). La determinación de alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad inciden en los procesos de coagulación química, ablandamiento y control de corrosión, y evaluación de la capacidad tampón de un agua (Rojas, 2009).

En cuerpos de agua de origen natural la alcalinidad se debe generalmente a la presencia de tres clases de compuestos: bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ), de elementos como el calcio, magnesio, sodio, potasio y amoníaco (Rojas, 2009).

- **Dureza**

Es una característica química del agua, determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, y ocasionalmente nitritos de calcio y magnesio. También está constituida por sales de hierro, magnesio, cobre, bario, zinc, plomo, los cuáles se encuentran en pequeñas proporciones. La dureza cálcica está dada por la concentración de calcio, la dureza magnésica por la concentración de magnesio y la dureza total ( $\text{Ca}^{2+}$ ) + ( $\text{Mg}^{2+}$ ).

La dureza es originada por iones metálicos divalentes, capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados, y aniones presentes en el agua para formar incrustaciones. Los cationes que causan dureza en el agua son: calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), estroncio ( $\text{Sr}^{2+}$ ), hierro ( $\text{Fe}^{2+}$ ), manganeso ( $\text{Mn}^{2+}$ ) y los aniones asociados con ellos son: bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), cloruros ( $\text{Cl}^-$ ), sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), y nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) (Rojas, 2009).

**Tabla 1. Clasificación de las aguas según su dureza**

Característica	Rango mg/L
Blanda	0 a 75
Moderadamente dura	75 a 150
Duras	150 a 300
Muy duras	> 300

Fuente: (Standard Methods, 2017)

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

Es un ensayo que permite determinar la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos en la consolidación de la materia orgánica biodegradable. La medición se realiza en un periodo de 5 días a 20 °C en una incubadora, mediante el método respirométrico manométrico, expresado en unidades de mg/L (Rojas, 2009).

- **Demanda química de oxígeno (DQO)**

La determinación de DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por una muestra de agua, para oxidar químicamente la materia orgánica e inorgánica en ella. Este ensayo es más rápido que el de DBO, además, es un parámetro analítico de contaminación, que permite medir el contenido de materia orgánica en aguas naturales y residuales, mediante la oxidación química, expresado en mg/L ( Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2007).

- **Tensoactivos**

Los tensoactivos en el agua alteran su tensión superficial permitiendo la formación de burbujas de aire gracias al contenido de agentes superficiales activos, lo que ocasiona formación de espuma y suspensión de partículas (Standar Methods, 2017).

- **Nitritos**

Los nitritos se transforman a partir de los nitratos, mediante reducción microbiana, también son agentes solubles en el agua e indicadores de contaminación bacteriológica (Ruiz, 2007).

- **Nitratos**

Es un compuesto químico inorgánico formado por nitrógeno y oxígeno presente naturalmente en aguas superficiales y subterráneas. El incremento de este compuesto se debe a la presencia de las actividades agrícolas y ganaderas que en la zona se realiza. Los nitratos son menos tóxicos que los nitritos y son usados como fuente de alimento para las plantas, es decir sirven como fertilizantes (Romero, J, 2009).

- **Nitrógeno amoniacal**

Es producto de la descomposición de la urea, siendo un compuesto común de las aguas residuales. La descomposición da como productos  $\text{NH}_3$  (amoníaco disuelto) y  $\text{NH}_4^+$  (ion

amonio). La presencia de amoníaco libre es considerada como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa (Romero, J, 2009).

- **Fosfatos**

Es un nutriente importante en el crecimiento de animales y plantas. En aguas naturales la concentración de fósforo es de 0,01 a 1 mg/l-P. Los fosfatos presentan efectos sobre los organismos que son mayormente consecuencias de las emisiones de fosfatos en el ambiente debido a la minería y los cultivos (Romero, J, 2009).

- **Sólidos totales**

El resultado de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto, para su determinación se aplica el método gravimétrico, cabe recalcar que el incremento de peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos totales. Generalmente en aguas para suministro público se recomienda un contenido de sólidos totales menor a 1.000 mg/L (TULSMA, 2015)

- **Sólidos disueltos**

Son determinados directamente o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos. Si la determinación es directa y el residuo de la evaporación se seca a 105 °C, el incremento de peso sobre el del crisol vacío representa los sólidos disueltos (Rojas, 2009).

- **Aluminio (Al<sup>3+</sup>)**

Está presente en aguas naturales se encuentra libre en la naturaleza y proviene de la disolución de silicatos y pilsilicatos, pudiendo encontrarse como sales solubles o compuestos coloidales: su concentración varía normalmente entre 0.1 y 10 mg/L.

La dinámica del aluminio en aguas naturales se inicia con la meteorización de rocas silicatadas que generan en un principio aluminio coloidal, posteriormente convirtiéndose en aluminio disuelto. Este metal tiene una característica peculiar de permanecer oxidado, esto debido a que es altamente reactivo con el oxígeno ( Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2007).

- **Cobre (Cu)**

Es un metal que abunda en la naturaleza. Por lo general, cuando se detectan altos contenidos de cobre en el agua de consumo humano, se debe a la corrosión existente en las tuberías del sistema de distribución y abastecimiento. Además, el agua puede reaccionar con el cobre y disolver pequeñas cantidades de cobre en el interior del suministro. Los individuos que ingieren esta agua pueden ser expuestos a niveles elevados de cobre (INEN, 2006).

- **Cromo hexavalente (Cr<sup>6+</sup>)**

El cromo hexavalente se le puede encontrar en forma natural, en plantas, suelos, rocas. La presencia de este metal dentro del sistema de distribución de agua potable, es debido a la contaminación por desechos provenientes de industrias. El cromo hexavalente puede afectar a la salud humana ya que es cancerígeno y puede provocar ciertos problemas genéticos (Grupo de Estudio Técnico Ambiental de Agua, 2015).

- **Hierro total (Fe<sup>3+</sup>)**

La presencia de hierro total en el agua generalmente no presenta un peligro para la salud. Sin embargo, puede alterar el sabor del agua, generar manchas en la ropa y problemas de acumulación en tuberías y tanque presurizados.

No se encuentra habitualmente libre en la naturaleza, pero si en suelos y numerosos minerales (magnetita, hematita, piritita, etc.). En aguas superficiales existe presencia de hierro como consecuencia de los sedimentos formados en minerales y en la superficie terrestre que son arrastrados por las lluvias y escorrentías, debido a la minería (Romero, J, 2009). Para determinar el hierro total de debe aplicar el método fenantrolina.

- **Sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>2+</sup>)**

Son sales muy solubles y su contenido en aguas naturales oscila de poco a varios miligramos por litro, se forman naturalmente de la meteorización de la corteza terrestre y de las erupciones volcánicas. También se puede encontrar en las aguas superficiales debido a las descargas industriales o procedentes de actividades agrícolas y mineras. (American Public Health Association (APHA); Water Pollution Control Federation (WPCF), 2005).

### **1.4.5 Parámetros microbiológicos**

- **Coliformes**

Los coliformes son una cepa de bacterias que se encuentra en: plantas, animales y humanos, están divididos en dos grupos: Coliformes totales y fecales. Se localizan con mayor abundancia en la capa superficial del agua, o en sedimentos del fondo. El 95% del grupo de los coliformes presentes en heces fecales, están formados por *Escherichia coli* y *Klebsiella* (NMX-AA-042-SCFI, 2015).

Los coliformes fecales son denominados termo tolerantes, por la capacidad de soportar altas temperaturas y formar parte del subgrupo de coliformes totales, son capaces de fermentar la lactosa a 44.5 °C, además, son indicadores de contaminación fecal en el control de la calidad del agua destinada al consumo humano, Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura (Standar Methods, 2017).

## **1.5 Muestreo**

Consiste en extraer una porción homogénea y representativa de una masa de agua, con el objetivo de caracterizar y evaluar la calidad del agua procedente de diversas fuentes hídricas, para ello, es necesario contar con análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos a través de un programa de muestreo que permita garantizar que las muestras recolectadas forman parte de un sistema de distribución de agua para consumo humano (Varón, 2011).

### **1.5.1 Tipos de muestras**

- **Muestra simple**

El muestreo es el proceso de obtención de muestra a ensayar que permite garantizar su representatividad. La muestra simple se caracteriza porque cualquier punto de muestreo presenta la misma probabilidad de ser seleccionado que los restantes puntos de muestreo (NTE INEN 2169, 2013).

- **Muestra compuesta**

Es una combinación de muestras individuales, mezcladas en proporciones conocidas y basadas en mediciones de tiempo y flujo, no obstante, antes de mezclar las muestras es importante verificar que los parámetros de interés no varíen representativamente durante el muestreo (NTE INEN 2169, 2013).

Las muestras pueden ser recolectadas de forma manual o automática, sin embargo, para la muestra compuesta la conformidad de un límite está basado en la calidad promedio del agua, por ende se puede extraer un resultado promedio de una característica determinada (Varón, 2011).

## 1.6 Sistema de abastecimiento del agua

Un sistema de abastecimiento de agua consta de un conjunto de obras necesarias para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir el agua hacia los habitantes (ver Figura 1). Un correcto diseño del sistema conlleva al mejoramiento de la calidad de vida, salud y desarrollo de la población. Por esta razón un sistema de abastecimiento de agua para consumo humano debe cumplir con normas y regulaciones vigentes para garantizar su correctofuncionamiento.

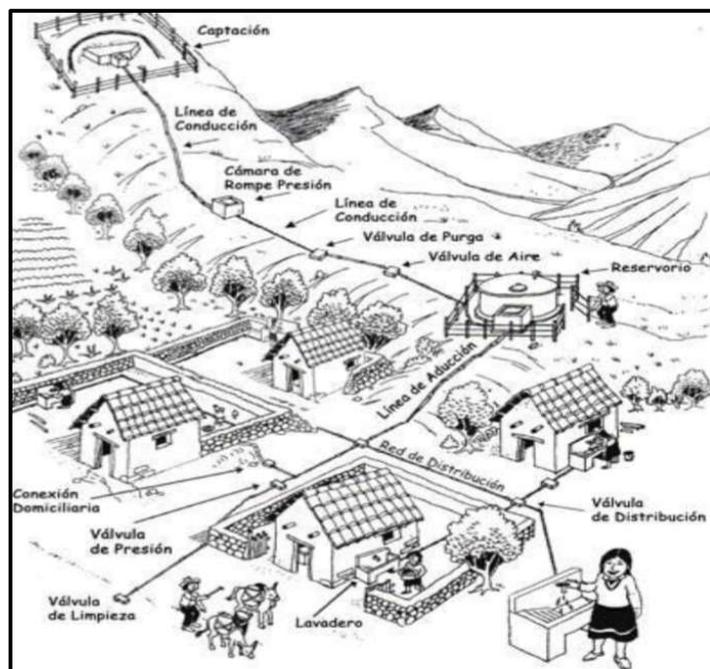


Figura 1 Sistema de abastecimiento de agua (OPS, 2016)

### 1.6.1 Componentes del sistema de abastecimiento de agua

Los sistemas de abastecimiento de agua deben contar con requisitos necesarios de localización, cantidad y calidad del recurso. Se debe garantizar el caudal medio diario de captación para el abastecimiento de la población.

Los sistemas de abastecimiento de agua por gravedad sin tratamiento cuentan con una operación bastante simple, sin embargo, requieren un mantenimiento mínimo para garantizar un buen funcionamiento del sistema. Sus componentes son los siguientes:

- Captación
  - Línea de conducción
  - Reservorios
  - Red de distribución
  - Conexiones domiciliarias
- 
- **Captación**

La función de la captación superficial es captar el agua de la fuente siendo estos, ríos, lagos, embalses y ojos de agua, mediante una estructura hidráulica a nivel del terreno que nos ayuda a derivar el caudal de diseño, y así, pueda ser almacenado en tanques o en cajones recolectores (Beat Stauffer y Dorothee Spuhler, 2018).

- **Línea conducción**

Permite conducir el agua desde la captación hasta una siguiente estructura, que puede ser un reservorio o planta de tratamiento de agua. Este componente es diseñado con el caudal máximo diario de agua y se considera tantas válvulas de purga, aire cámaras rompe presión etc.

- **Reservorios**

Es un elemento esencial ya que permiten el almacenamiento del líquido para uso de la comunidad y a su vez poder compensar las variaciones horarias dependiendo la demanda. Los reservorios deben ubicarse lo más próximo a la población y en una cota topográfica que garantice la presión mínima.

- **Red de distribución**

Es un sistema de tuberías que lleva el agua desde el tanque de distribución o reservorios hasta los diferentes ramales, a través de tuberías, accesorios y conexiones domiciliarias.

- **Conexiones domiciliarias**

Son el conjunto de cañerías y accesorios que permiten a la población contar con el servicio de agua apta para el consumo humano. La conexión debe ubicarse al frente de la vivienda y próxima al ingreso principal.

## **1.7 Socialización**

Uno de los aspectos más importantes de la socialización es la comunicación, ya que a través de ella se logra compartir e intercambiar ideas, experiencias, metas y transmitir conocimientos acerca de un tema de interés. Por lo tanto a través de la socialización se puede abordar temas y proyectos que mejoren las condiciones de vida de la población.

## **2 METODOLOGÍA**

### **2.1 Características socioeconómicas de la comunidad San Rafael**

Para la identificación de las características socioeconómicas de la comunidad se aplicaron dos técnicas de recolección de datos para el levantamiento de información en campo siendo estas las siguientes: i) Entrevista Semi-estructurada al presidente de la junta de agua y ii) Encuestas aplicadas a los comuneros (ver Figura 2). Estas dos herramientas se usaron para obtener información socioeconómica, usos del agua, acceso a los servicios básicos y datos sobre el área de estudio. Posteriormente, para cada pregunta se tabularon los datos, y con ello se realizó las pertinentes gráficas de tendencia de las respuestas obtenidas para el análisis de resultados.



**Figura 2 Entrevista semi estructurada y encuestas en campo**

### **2.1.1 Tamaño de muestra para la elaboración de encuestas**

El tamaño de la muestra (número de encuestas) se determinó utilizando la fórmula de probabilidades para poblaciones definidas (Castellanos, 2011). Ver Ecuación 1.

$$n = \frac{N * Z a^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z a^2 * p * q}$$

#### **Ecuación 1. Probabilidades para poblaciones definidas**

Donde:

n: tamaño de la muestra

N: total de la población (76)

Za = nivel de confianza (1.96)

p = proporción esperada (0.05)

q= 1-p (en este caso 1-0,025 = 0,975)

d= precisión

- En la ecuación 2 se presenta el cálculo del número de encuestas para la categoría “comuneros”.

$$n = \frac{76 * 1,96^2 * 0,05 * 0,95}{0,05^2 * (76 - 1) + 1,96^2 * 0,05 * 0,95} = 50$$

#### **Ecuación 2. Cálculo del número de encuestas**

En la tabla 2 se muestra el número de encuestas que fueron necesarias utilizar para los habitantes de San Rafael, obteniendo una seguridad estadística del 97,5%.

**Tabla 2 Número de encuestas**

<b>Estrato</b>	<b>Población</b>	<b>Muestra</b>
<b>Comuneros</b>	68	50

## **2.2 Visita preliminar**

Se realizó un recorrido en campo que permitió llevar a cabo el diagnóstico de la línea de conducción y distribución del agua, delimitando el área de estudio, para facilitar la recolección de muestras, además, se seleccionaron los sitios de muestreo en función de su ubicación y accesibilidad a lo largo del sistema de abastecimiento de agua en la comunidad.



**Figura 3 Visita preliminar**

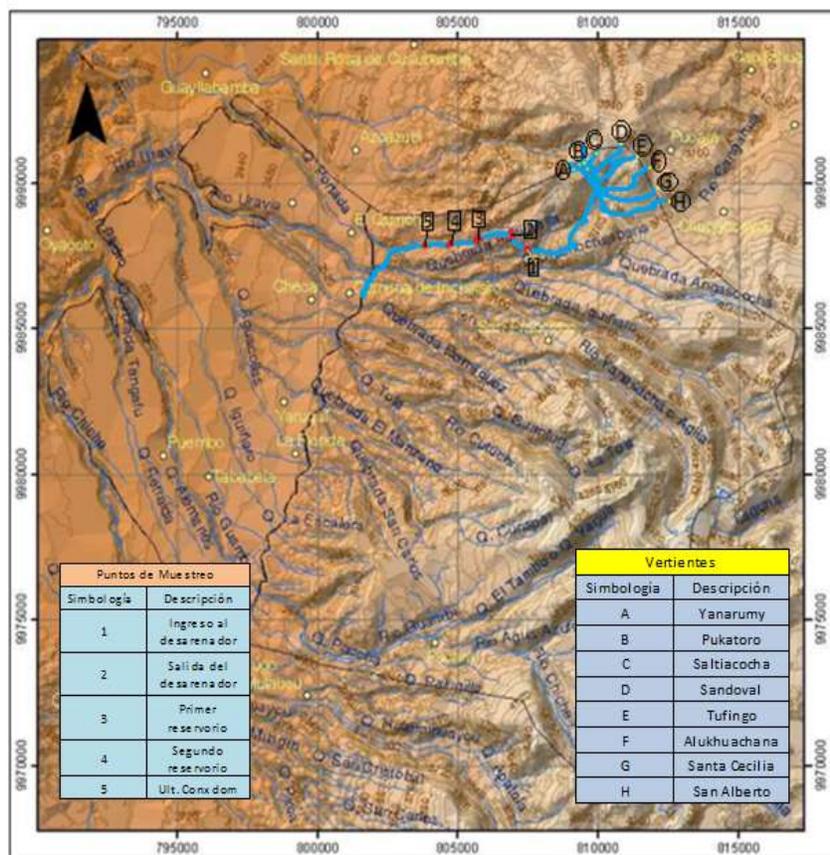
## **2.3 Planificación del plan de muestreo**

Consistió en una planificación y organización del material y equipo de muestreo, para realizar la recolección de muestras en el tiempo establecido para la preservación de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de cada punto de muestreo. Para el efecto se consideró la guía establecida por la normativa NTE INEN 2169.

- Ubicación de los puntos de muestreo
- Características de los puntos de muestreo
- Plan de muestro
- Detalle de los puntos identificados para el muestreo
- Materiales y equipos para la recolección de muestras
- Identificación de muestras
- Descripción de los puntos de muestreo
- Análisis de parámetros *in situ*
- Recipientes preservación y almacenamiento
- Técnicas de conservación de muestras

### 2.3.1 Ubicación de los puntos de muestreo

En la Figura 4 se indica la ubicación geográfica del área de estudio. Las coordenadas de cada punto registradas mediante GPS y sus características principales se muestran en la Tabla 3. Las características principales fueron levantadas durante los recorridos en campo.



**Figura 4 Ubicación geográfica, puntos de muestreo y vertientes en la comunidad de San Rafael**

**Fuente:** Instituto Geográfico Militar [IGM] (2015), y Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito [EMMAAP-Q] (2015).

**Tabla 3 Características de los puntos de muestreo**

Puntos	Características	Ubicación	Coordenadas (WGS -84)	
			X	Y
<b>Punto 1</b>	Ingreso del agua al óvalo divisorio	Óvalo divisorio	0806605	9982829
<b>Punto 2</b>	Salida del agua del óvalo divisorio	Óvalo divisorio	0806606	9982829
<b>Punto 3</b>	4 Km aguas abajo, después del óvalo divisorio.	Primer Reservorio	0804449	9984347
<b>Punto 4</b>	3 Km aguas abajo, luego del primer reservorio.	Segundo Reservorio	0803315	9984859
<b>Punto 5</b>	Última casa en abastecerse del líquido vital.	Última conexión domiciliaria	0803316	9984860

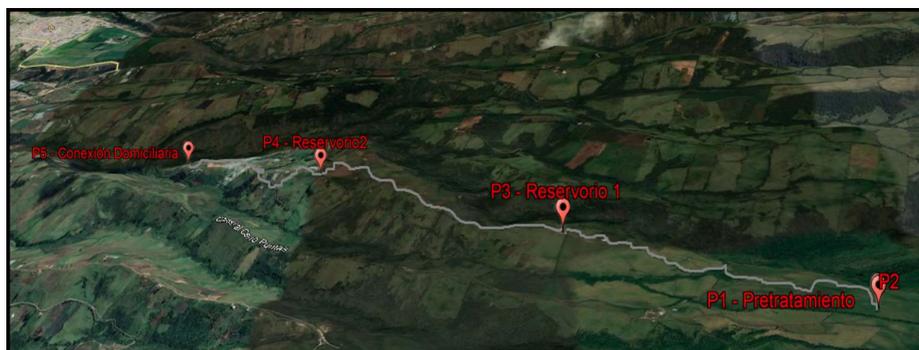


**Figura 5 Registro de coordenadas mediante GPS**

### **2.3.2 Plan de Muestreo**

Se realizaron cinco salidas en época de verano para el trabajo en campo, recorriendo toda la línea de conducción a partir del pretratamiento (serpentín), tomando en cuenta los puntos susceptibles de contaminación que deterioran la calidad del agua en la comunidad San Rafael.

Para determinar la calidad del agua utilizada para abastecimiento de la comunidad se tomaron cinco muestras representativas considerando que, en cada punto el tipo de muestra varía dependiendo de la toma y acceso del sitio de muestreo (ver Figura 6).



**Figura 6 Puntos de muestreo (Google Earth , 2019)**

En la Tabla 4 se presentan el detalle de los puntos identificados para el muestreo, para caracterizar el agua usada para consumo humano.

**Tabla 4 Detalle de los puntos identificados para el muestreo**

Nº Punto	Lugar	Tipo de muestreo	Tipo de muestra	Descripción de la selección del tipo de muestra
P1	Pretratamiento entrada	Dirigido	Simple	-Fácil acceso y toma de muestra.
P2	Pretratamiento salida	Dirigido	Simple	-Muestra representativa y homogénea -Composición de un solo caudal (unión de las 8 vertientes) -Punto principal de la caída de agua - Verificación de la eficiencia del Pretratamiento (Serpentín)
P3	Reservorio 1	Aleatorio Sistemático	Compuesta	-División de estratos (5 cuadrantes, considerando el volumen de los reservorios c/u 1000m <sup>3</sup> )
P4	Reservorio 2	Aleatorio Sistemático	Compuesta	

				-Unión de la toma de tres muestra simples en cada punto, a diferentes profundidades. 1) 1m 2) 1.5m 3) 2.10m
P5	Conexión domiciliaria	Dirigido	Simple	-Muestra representativa y homogénea -Punto principal donde el consumidor hace uso y consumo del recurso.

### 2.3.3 Materiales y equipos para el muestreo

Los equipos de campo que se utilizaron fueron calibrados y revisados previo a ser utilizados. Además, se verificó que dichos materiales y equipos estén en buenas condiciones y cargados con baterías para su funcionamiento. En la Tabla 5 se presentan los equipos utilizados para medir los parámetros de calidad del agua en el sitio de muestreo. Los parámetros *in situ* fueron medidos por medio de equipos portátiles pertenecientes al Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional.

**Tabla 5 Equipos utilizados para analizar los parámetros in-situ**

Equipo	Modelo	Parámetros analizados	Método	Rango de medición
<b>pH-metro</b>	Accument AP 115	Potencial de hidrógeno (pH)	Potenciómetro	0-14
<b>Conductímetro</b>	YSI 30	Conductividad	Electrométrico	5-50 mS/m
<b>Medidor de oxígeno disuelto</b>	HACH HQ30d	Oxígeno disuelto y temperatura	Electroquímico	0.0 a 19,99 mg/l de O.D
<b>Turbidímetro</b>	HACH2100P	Turbiedad	Nefelométrico	100,0 UTN
<b>Molinete Hélice 3</b>	C2'10.150'	Caudal	Aforo con molinete	-

### 2.3.4 Identificación de las muestras

Los recipientes en los cuales se recolectaron las muestras fueron rotulados con etiquetas y enmarcados de forma clara, unívoca y permanente.

Esta técnica permite identificar y clasificar la muestra con el fin de evitar errores de entre cruces de muestras. Con ello se busca una adecuada higiene, organización y preservación. La etiqueta utilizada se presenta en la Figura 7.

ESFOT – ASA PLAN DE TITULACIÓN – MUESTREO RODRIGO PALACIOS LIZETH VELASTEGUI	
N.º MUESTRA	
FECHA	
HORA	
LUGAR DE MUESTREO	
NOMBRE DEL MUESTREADOR	
TEMPERATURA DEL LUGAR	
VOLÚMEN	
TIPO DE ANÁLISIS	
CONDICIONES CLIMÁTICAS	
OBSERVACIONES	



Figura 7 Rotulación de muestras

### 2.3.5 Descripción de los puntos de muestreo

- **P1-P2 Muestreo en el Pretratamiento (Serpentín)**

Se recolectaron dos muestras simples, antes y después del serpentín, para el análisis de la calidad del agua proveniente de las vertientes en su estado natural.

En cada punto de muestreo se usaron envases nuevos de plástico de seis litros, con previo enjuague antes de coleccionar la muestra de agua proveniente de la fuente (ver Figura 8).



Figura 8 Muestreo en la captación

- **P3-P4 Muestreo en los Reservorios**

Se tomaron cinco muestras simples en cada reservorio para formar una muestra compuesta, es decir que, a cada reservorio se le dividió mediante estratos considerando varios factores como: la capacidad de almacenamiento de cada reservorio (1000m<sup>3</sup>), la homogeneidad, representatividad del cuerpo de agua y la profundidad para recolectar las muestras. Cabe recalcar que, el uso de los equipos de muestreo Van Dorn y Kemmerer aseguran la calidad de la toma de la muestra para evitar cualquier tipo de contaminación durante su recolección (ver Figura 9). Posteriormente la muestra recolectada fue envasada en botellas plásticas estériles, y así se recaudó un volumen de cuatro litros.



**Figura 9 Muestreo en los reservorios**

- **P5 Muestreo en la conexión domiciliaria**

Se recolectó una muestra simple en la última conexión domiciliaria. Es fundamental tomar una muestra en este punto, donde el consumidor se beneficia y se abastece del recurso (ver Figura 10).



**Figura 10 Muestreo en la conexión domiciliaria**

### 2.3.1 Análisis de parámetros *in situ*

- **Oxígeno disuelto y temperatura**

La determinación de este parámetro fue realizada *in situ* por medio del método electroquímico. El equipo portátil que se utilizó para el análisis fue el medidor de oxígeno disuelto modelo HACH HQ30d (ver Figura 11). Con ayuda del mismo se obtuvieron los valores de: oxígeno disuelto y temperatura (Hach Company, 2000).

Para empezar la medición de este parámetro, se enjuagó con agua destilada la sonda del instrumento previo a la medición, para evitar posibles contaminaciones y alteración de resultados en la lectura. A continuación, se sumergió la sonda del equipo en la muestra, esperando por unos segundos la estabilización del mismo, para proceder a registrar los valores.



**Figura 11** Medición del oxígeno disuelto

- **Conductividad**

El análisis de la conductividad eléctrica se realizó mediante el método electrométrico. El equipo utilizado fue el conductímetro, marca HACH, modelo 44600 (ver Figura 12), el cual se calibró previo a su uso con una solución patrón de conductancia (KCL=412  $\mu$ S/cm) (Hach Company, 2000).



**Figura 12** Medición de conductividad

- **Potencial hidrógeno (pH)**

El método empleado para determinar el pH fue el potenciométrico, y el equipo utilizado en la medición fue el potenciómetro (ver Figura 13), el cual previo a su uso fue calibrado con soluciones tampón (pH4, pH7 y pH9).



**Figura 13 Medición de ph**

- **Turbiedad**

La medición de este parámetro se lo realizó a través del equipo portátil turbidímetro modelo HACH 2100P. Para la medición se calibró el equipo, y se verificó que las celdas a ser usadas estén limpias y en buen estado (ver Figura 14).



**Figura 14 Medición de turbiedad**

### **2.3.2 Preservación y almacenamiento**

Una vez finalizada la recolección de muestras, las botellas fueron rápidamente selladas para evitar contaminación externa o pérdida del volumen (ver Figura 15).

Las muestras recolectadas fueron almacenadas en hieleras hasta su traslado al Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental.

### **2.3.3 Recipientes**

Los recipientes fueron escogidos de acuerdo a los parámetros a ser analizados. Cabe recalcar que, el volumen depende del parámetro a analizar y el recipiente también (ámbar, vidrio, plástico etc.). En la Tabla 6 se detalla las técnicas recomendadas para la preservación de muestras en función de los parámetros de calidad del agua a analizarse, tipos de recipientes, volúmenes requeridos y tiempo de almacenamiento máximo, según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169 Agua. Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.

**Tabla 6 Técnicas para la conservación de muestras**

Parámetros	Tipo de recipiente	Volumen de la muestra (ml)	Técnica de preservación	Tiempo máximo de preservación	Fotografía
Sólidos totales	plástico	100	Refrigeración de 1 y 5 °C	48 horas	
Sólidos suspendidos totales	plástico	100		48 horas	
Alcalinidad	plástico	500	Refrigeración a 4 °C	24 horas	
Dureza total	plástico	100	Refrigeración de 1 y 5 °C	24 horas	
Calcio	plástico	100	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes	
Aluminio	plástico	100		1 mes	
Cobre	plástico	100		1 mes	
Cromo	plástico	100		1 mes	
Hierro Total	plástico	100		1 mes	
Sulfatos	plástico	200	Refrigeración de 1 y 5 °C	1 mes	
Nitritos	plástico	200		24 horas	
Nitratos	plástico	250		25 horas	
Nitrógeno amoniacal	plástico	500	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes	
Fosfatos	plástico	100	Refrigeración de 1 y 5 °C	24 horas	
DQO	plástico	100		5 días	
DBO5	plástico	1000		24 horas	
Coliformes fecales	bolsas Whirl-pak	300		24 horas	

**Figura 15 Transporte de muestras**

Fuente: (NTE INEN 2169, 2013).

### 2.3.4 Medición de caudal

La medición del caudal se realizó en el serpentín (ingreso del agua) donde se recibe el agua proveniente de las siguientes vertientes: Yanarumy, Pukatoro, Saltiacocha, Sandoval, Tufingo, Atukhuachana, Santa Cecilia y San Alberto, y también se realizó una medición en el canal (salida del agua del serpentín), con el objetivo de medir y verificar el caudal con el que se abastece la comunidad. Para ello se aplicó el método de aforo con molinete (Ver Figura 16).



**Figura 16 Molinete**

En la siguiente tabla 7 y 8 Se presenta los resultados de los caudales.

**Tabla 7 Datos de la lectura del molinete P1 (Ingreso del agua al serpentín)**

Lectura con el Molinete en el Punto 1. Entrada							
Datos de molinetes (rev/ s)	Promedio (rev/s)/30	Fórmula del Molinete velocidad (m/s)	H	B	Área	Caudal Q= AxV (m3/s)	Caudal (Lt/s)
48,100	1,603	0,115	0,880	0,200	0,176	0,020	0,000020
46,000	1,533	0,111	0,880	0,200	0,176	0,019	0,000019
PROMEDIO						0,020	0,000020

**Tabla 8 Datos de la lectura del molinete P1 (Salida del agua del Serpentín)**

Lectura con el Molinete en el Punto 1. Salida							
Datos de molinetes (rev/ s)	Promedio (rev/s)/30	Fórmula del Molinete velocidad (m/s)	H	B	Área	Caudal Q= AxV (m3/s)	Caudal (Lt/s)
21,000	0,700	0,059	0,880	0,400	0,352	0,021	0,000020
17,200	0,573	0,051	0,880	0,400	0,352	0,018	0,000019
PROMEDIO						0,019	0,000020

La determinación de los caudales antes mencionados, se realizó mediante la ecuación 3 y sus resultados se presentan en la tabla 9.

$$Q \left( \frac{m^3}{s} \right) = A(m^2) \times V \left( \frac{m}{s} \right)$$

**Ecuación 3. Cálculo del Caudal**

**En donde:**

- Q= caudal medido en metros cúbicos sobre segundo (m<sup>3</sup>/s).
- A= área de la sección que se detuvo midiendo el ancho (b) y la altura (h) del canal (A= b×h/2), expresada en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).
- Vm= velocidad media, se obtiene a partir de la multiplicación de la velocidad superficial por un factor de 0,8; estipulado por Scott y Houston (Bello, M y Pino., 2000).

**Tabla 9 Resultados de Caudales**

Ubicación	Caudal (m3/s)
P1 Entrada del serpentín	0,020
P2 Salida del serpentín	0,019
PROMEDIO	0,020



**Figura 17 Método de aforo con molinete**

## 2.4 Métodos utilizados para la realización de ensayos en el laboratorio

Las muestras de agua recolectadas en los diferentes puntos de monitoreo, fueron analizadas en el Laboratorio Docente de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental (FICA) de la Escuela Politécnica Nacional (EPN), ciudad de Quito.

Las muestras recolectadas fueron homogenizadas y llevadas a temperatura ambiente para realizar los ensayos (ver Figura 18).



**Figura 18 Muestras recolectadas**

**En la Tabla 10 se presenta los métodos empleados para determinar los parámetros químicos y microbiológicos del agua.**

**Fuente:** (Standar Methods, 2017) (Hach, 2000) (Sereviche Sierra, 2013)

**Tabla 10 Métodos aplicados para los análisis químicos y microbiológicos.**

Parámetro	Método	Rango	Fotografía
Alcalinidad	“Titulometría con ácido Sulfúrico” (Standard Methods, 2017) (Rojas, 2009)	1.0 – 6000 (mg/l $\text{CaCO}_3$ )	
Dureza total	“Titulometría con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)”	500 (mg/l $\text{CaCO}_3$ )	
DQO	“Espectrofotométrico HACH800” (Standard Methods, 2017) (Rojas, 2009)	3 – 150 (mg/l) / 20 – 1500 (mg/l)	
DBO	Método respirométrico manométrico (Standard Methods, 2017) (Rojas, 2009)	2,0 a 500 (mg/l)	
Tensoactivos	“Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM)” (Standard Methods, 2017) (Rojas, 2009)	0,5 (mg/l)	
Aluminio	“Espectrofotométrico HACH” (HACH COMPANY, 2016)	0,008 a 0,0800 (mg/l)	
Cobre	“Espectrofotométrico HACH8506” (HACH COMPANY, 2016)	0 a 3,00 (mg/l)	
Cromo	“Espectrofotométrico HACH” (HACH COMPANY, 2016)	0,05 (mg/l)	
Hierro Total	“Espectrofotométrico HACH8008” (HACH COMPANY, 2016)	0 a 3,00 (mg/l)	
Fosfatos	“Espectrofotométrico HACH8190” (HACH COMPANY, 2016)	0,04 a 5,00 (mg/l)	
Sulfatos	“Espectrofotométrico HACH8051” (HACH COMPANY, 2016)	0 a 780 (mg/l)	
Nitritos	“Espectrofotométrico HACH8507” (HACH COMPANY, 2016)	0 a 0,300 (mg/l $\text{NO}_2\text{N}$ )	

**Figura 19 Análisis de químicos**

Parámetro	Método	Rango
Nitratos	“Espectrofotométrico HACH8039” (HACH COMPANY, 2016)	0 a 30,0 (mg/l NO <sub>3</sub> -N)
Nitrógeno amoniacal	“Espectrofotométrico HACH8038” (HACH COMPANY, 2016)	0 a 2,50 (mg/l NH <sub>3</sub> -N)
Sólidos disueltos totales	Gravimétrico (Standard Methods, 2017) (Rojas, 2009)	1000 (mg/l)
Coliformes totales	Método de tubos múltiples APHA 9221 E/APHA 9221 C (Standard Methods, 2017) (Rojas, 2009)	<2 microorganismos/100mL
Coliformes fecales	Método de tubos múltiples APHA 9221 E/APHA 9221 C (Standard Methods, 2017) (Rojas, 2009)	<2 microorganismos/100mL



**Figura 19 Análisis microbiológicos**

### **3 Principales estructuras del sistema de abastecimiento del agua para consumo.**

Los directivos y miembros de la comunidad construyeron un sistema de abastecimiento del agua por sus propios medios en el año 2013 para satisfacer sus necesidades de consumo y uso de agua. Esta información se obtuvo mediante la entrevista al presidente de la junta de agua.

Se elaboró un esquema general de la línea de conducción de agua, que posee la comunidad mismo que se muestra en la Figura 20 y Anexo 3.

La comunidad no cuenta con los estudios de la infraestructura del sistema de abastecimiento, por ende, mediante varios recorridos en campo, se identificaron las diferentes estructuras, y se obtuvo la información básica de los principales elementos que conforman el sistema.

- Captación
- Línea de conducción
- Pretratamiento
- Reservorios
- Red de distribución
- Conexión domiciliaria

Cabe mencionar que, no se pudo llegar al punto de captación debido a la ubicación, las condiciones ambientales, la distancia y la altura en que se encontraba la fuente hídrica. Sin embargo, mediante la entrevista realizada el presidente de la comunidad se obtuvo información de la captación.

### 3.1 Esquema del Sistema de Abastecimiento de agua de la Comunidad San Rafael

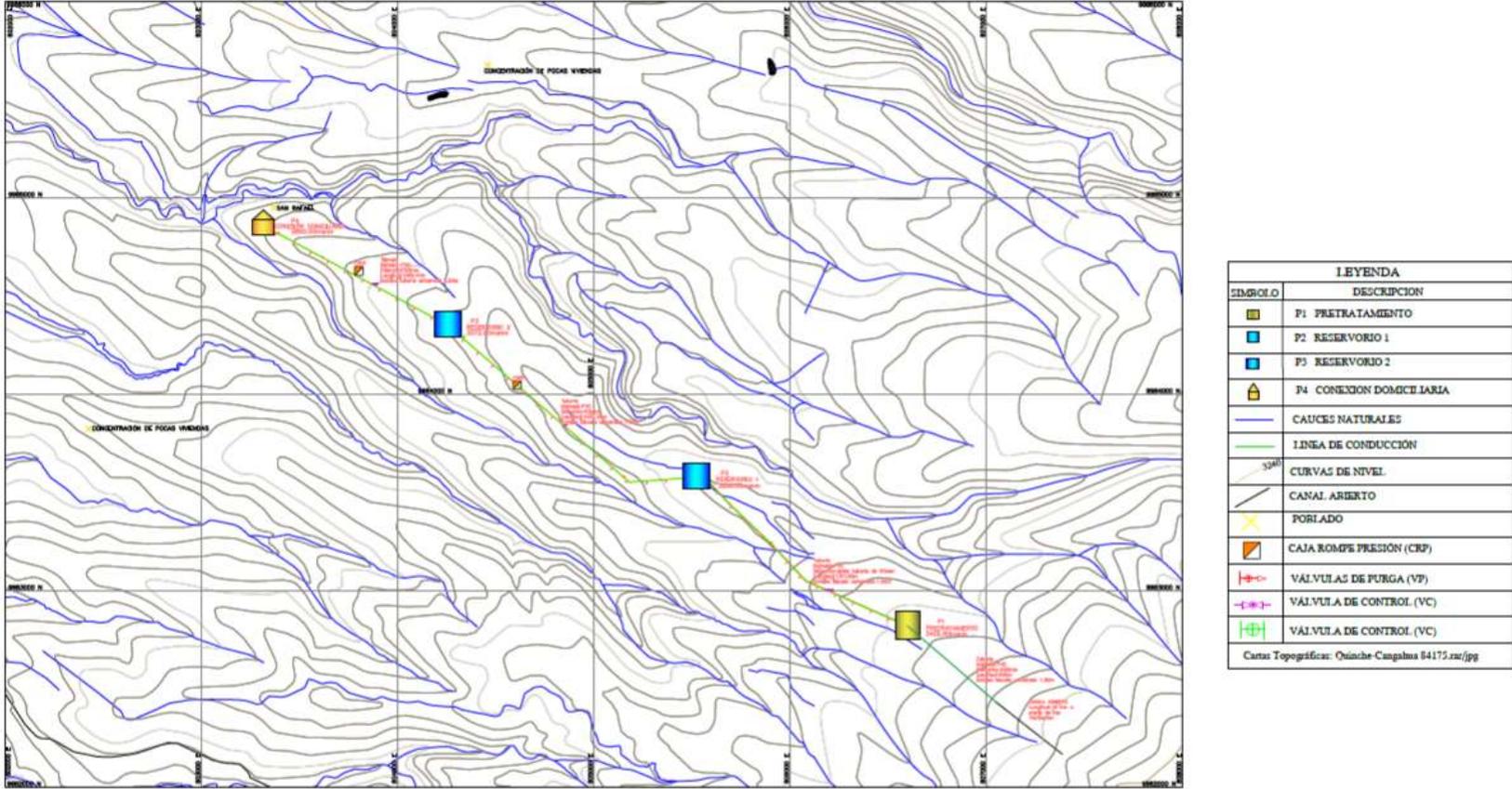


Figura 20 Vista en planta del Sistema de Abastecimiento de agua

### **3.1.1 Fuentes de abastecimiento**

San Rafael recibe agua proveniente de las vertientes Yanarumy, Pukatoro, Saltiacocha, Sandoval, Tufingo, Atukhuachana, Santa Cecilia y San Alberto. Los directivos de la comunidad protegen las vertientes de la parte alta del páramo, reforestando o construyendo cercados alrededor de las fuentes hídricas.

### **3.1.2 Captación**

La comunidad se abastece agua de las vertientes mencionadas anteriormente, ubicadas aproximadamente 12 kilómetros aguas arriba del P1 (Pretratamiento). Las ocho fuentes permiten obtener un caudal total de 6 Lt/s.

Los directivos de la comunidad protegen las vertientes de la parte alta del páramo, reforestando o construyendo cercados alrededor de las fuentes hídricas (ver Figura 21).



**Figura 21 Captación**

### **3.1.3 Línea de Conducción**

El caudal captado se conduce mediante un canal abierto tipo rectangular, cuyas dimensiones correspondientes al ancho y profundidad son (30cm x 40cm), además la pendiente del terreno y la aceleración de la gravedad garantizan el movimiento del agua captada hacia la siguiente estructura hidráulica.

Este tipo de conducción a cielo abierto, incrementa el riesgo de contaminación del agua cruda ya que está expuesta principalmente por actividades de ganadería, sólidos, y escurrimiento de actividades agrícolas, etc. Por esta razón, para evitar la contaminación del recurso hídrico, los directivos de la comunidad lograron canalizar mediante tubería PVC un tramo de 600 metros ubicado en una elevación aproximada de 4150 msnm antes de llegar al P1 (Pretratamiento).

### **Características de la tubería:**

- Tubería enterrada: 1.20m de profundidad.
- Material: PVC
- Diámetro: 200mm
- Presión de trabajo:120 PSI

### **3.1.3 Pretratamiento**

La comunidad cuenta con una estructura base conocida como serpentín, cuya función es similar a la de un desarenador. En el pretratamiento se logra separar las partículas en suspensión y arena del agua cruda, con el fin de evitar que se produzcan depósitos en las obras de conducción y disminuir el desgaste de las estructuras y accesorios ubicados aguas abajo (ver Figura 23). El pretratamiento presenta 5 zonas para su funcionamiento:

- **Zona 1: Entrada**

Permite el ingreso del agua al serpentín, por una tubería PVC, diámetro de 10" (ver Figura 23).

- **Zona 2: Serpentín (desarenador)**

Es una estructura construida en hormigón armado, cuyas dimensiones de largo, ancho y profundidad son (5.2m x 2.1m x 1.0m), su función es precipitar las partículas más pesadas que el agua hacia el fondo del tanque, como por ejemplo: arenas, semillas o partículas suspendidas que tengan la capacidad de sedimentarse. Esta infraestructura posee canales en paralelo que permite reducir la velocidad del flujo y decantar las partículas (Ver Figura 23).

- **Zona 3: Salida**

Posteriormente el recurso hídrico pasa por un canal construido de hormigón armado, sus dimensiones de largo, ancho y profundidad son (2.0m x 0.8m x 0.5m), este canal permite la conducción de un caudal de 6 Lt/s, hacia una estructura de derivación de caudales, la cual es conocida por la comunidad como óvalo divisorio (ver Figura 23).

- **Zona 4: Estructura para repartición de caudales**

En este punto se distribuye el caudal para dos comunidades, Aglla y San Rafael, cada una recibe una dotación de 3 Lt/s. Este caudal ingresa hacia un tanque de hormigón armado, cuyas dimensiones de largo, ancho y profundidad son (1.2m x 1.2m x 1.5m), previo a su ingreso el caudal atraviesa una rejilla que separa el material flotante del agua

cruda (ramas, hojas, etc.), esto permite reducir el riesgo de taponamiento en la tubería (ver Figura 22).



**Figura 22 Tanque de llegada**

- **Zona 5: Recolección de lodos**

Consiste en una caja de revisión construida de hormigón simple, cuyas dimensiones de largo, ancho y profundidad son (1.0m x 1.0m x 0.80m) y cuenta con una tapa metálica, en el interior se encuentra una tubería de desagüe cuyo material es de PVC. En esta caja existe la acumulación de lodos, sedimentos y partículas suspendidas, provenientes del Serpentín (desarenador).

Actualmente, el presidente de la comunidad es el responsable de realizar cada semana la limpieza manual, evacuar los sedimentos acumulados e inspeccionar totalmente la estructura (ver Figura 23).



**Figura 23 Pretratamiento**

### **3.1.4 Almacenamiento**

La comunidad cuenta con dos reservorios tipo estaques donde se almacena el agua que se distribuye a la comunidad, cada reservorio está construido en áreas planas, cubiertos con una geo membrana evitando infiltraciones del agua. El almacenamiento en los reservorios de controla mediante válvulas by pass y válvulas de control.

Las dimensiones de cada reservorio correspondientes al largo, ancho y profundidad son (19.0m x 14.0m x 8m) y cuentan con un pozo de revisión construido de hormigón simple, y sus respectivas tapas metálicas para proteger las válvulas de salida, desagüe y rebose (Ver Figura 24).



**Figura 24 Caja de válvulas de reservorios**

**Reservorio 1:** Utilizado únicamente para consumo humano, por ende, su vigilancia y protección es constante por los directivos de la comunidad (ver Figura 25). Su función es primordial en la red de abastecimiento de agua permitiendo compensar las variaciones horarias de la demanda, además ayuda a presurizar la red de distribución. Este reservorio se encuentra en funcionamiento con una capacidad de 1000m<sup>3</sup>, su ubicación permite mantener una presión de servicio dentro de los límites recomendados para zonas rurales, admitiendo una presión dinámica mínima de 10 metros de columna de agua.

#### **Características del reservorio 1**

- Volumen: 1000m<sup>3</sup>
- Profundidad: 8m.
- Tubería de ingreso: Material - PVC (ingreso del agua al reservorio).
- Caja de válvulas: Provista de una tapa metálica que protege a las válvulas y en su interior cuenta con una caja de hormigón armado.

- Tubería de salida: Material-PVC, diámetro- 63mm (salida del agua a la red de distribución)
- Tubo de limpieza y rebose: Material PVC 10" (Permite realizar labores de mantenimiento, limpieza y eliminar el agua excedente del reservorio).



**Figura 25 Reservorio 1**

**Reservorio 2:** Almacena agua utilizada únicamente para riego, permitiendo llenar pequeños reservorios parcelarios a más del 75% de familias, la disponibilidad de agua para riego facilita que los pobladores puedan desarrollar actividades agrícolas.

#### **Características del reservorio 2**

- Volumen: 1000m<sup>3</sup>
- Profundidad: 8m.
- Tubería de ingreso: Material - PVC (ingreso del agua al reservorio).
- Caja de válvulas: conformada por una caja de hormigón simple provista de una tapa metálica que protege a las válvulas.
- Tubería de salida: Material- PVC, diámetro- 63mm (salida del agua a la red de distribución).
- Tubo de rebose y limpieza: Material PVC 10" (Permite eliminar el agua excedente y para realizar labores de mantenimiento y limpieza del reservorio).

Una de las problemáticas que se evidenció en este reservorio es la contaminación debido al estancamiento y falta de cobertura en el reservorio 1. También es posible la proliferación de algas (Fotosíntesis), partículas en suspensión y organismos sin vida (roedores, reptiles), los mismos que incrementan la materia orgánica que afecta a la calidad del agua (ver Figura 26), además el reservorio no posee cerramiento o una cerca que impida el ingreso de animales o de personas que puedan incrementar la carga contaminante de este reservorio. Esto crea las condiciones para la proliferación de

microorganismos, adicional al material que las condiciones climatológicas pueden acarrear y se deposita en el reservorio.



**Figura 26 Reservorio 2**

### **3.1.5 Red de distribución**

Es el conjunto de tuberías y estructuras complementarias instaladas desde el reservorio hasta la población, cuya función es suministrar agua a los consumidores.

La unión entre el reservorio 1 y la red de distribución se realiza mediante una conducción denominada línea de distribución matriz, siendo encargada de distribuir el agua a las diferentes zonas de la comunidad como una red abierta (ver Figura 27).

#### **Componentes principales:**

- Válvula de by pass: esta válvula está colocada en la tubería bypass, cuya función es controlar la cantidad de flujo. Cuenta con una válvula de control incluida en la instalación (TLV, 2016).
- Válvula de control: sirve para regular el caudal, controlar la tubería principal que abastece a la red de distribución y realizar labores de reparación y mantenimiento (Toaquiza, 2010).
- Válvula de paso: controla la entrada del agua y permite realizar labores de limpieza y mantenimiento (Cemedede-UNA, 2009).
- Válvula de purga: está ubicada en los puntos más bajos del terreno que sigue la línea de conducción y permite eliminar los sedimentos acumulados en tramos de la tubería (González, 2008).
- Caja rompe presión: permite disipar la energía y reducir la presión relativa a cero (presión atmosférica), con la finalidad de evitar daños en la tubería. Se ubican en lugares estratégicos en función de la topografía del terreno (Daniel Cárdenas, 2010). Esta estructura cuyo material es de hormigón armado tipo 07 además de

reducir la presión, regula el abastecimiento mediante el accionamiento de la válvula flotadora (González, 2008).



**Figura 27 Componentes principales**

### **3.1.6 Conexión domiciliaria**

Son tuberías y accesorios instalados desde la red de distribución hacia cada domicilio, donde los pobladores hacen uso y consumo del agua (ver Figura 28). En la conexión domiciliaria se controla el paso del agua proveniente de los reservorios y en este punto existe una acometida de agua en cada domicilio conectado a un filtro de riego, formando dos conexiones independientes tanto para agua de consumo humano como para riego, y por medio de tubos de polietileno PE40 de baja densidad se llenan los pequeños reservorios parcelarios con fines agrícolas.

#### **Componentes principales:**

- Tubería PVC 1/2"
- Filtro de riego 3/4"
- Medidor de agua

- Válvula de grifo
- Conector tipo T PVC de ½"



**Figura 28 Conexión domiciliaria**

### **3.2 Socialización**

La socialización del proyecto se realizó por medio de herramientas virtuales de comunicación, con la participación del señor Luis Elias Inaquiza Quishpe presidente de la junta de agua de San Rafael. En la socialización se presentaron las actividades realizadas durante el desarrollo del presente proyecto de titulación: I) Resultado de encuestas e identificación de las características socioeconómicas II) Actividades realizadas en la campaña de muestreo, iii) Análisis de resultados de calidad del agua IV) Diagnóstico del sistema de abastecimiento, y V) Entrega del Informe técnico que contiene lo siguiente:

- Antecedentes
- Introducción
- Objetivos y alcance
- Evaluación de la calidad del agua de consumo humano
- Características socioeconómicas, uso del agua y acceso a los servicios básicos
- Plan de muestreo
- Infraestructura hidráulica existente
- Resultados de calidad del agua
- Mantenimiento de las principales estructuras del sistema de abastecimiento
- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencias Bibliográficas y Anexos

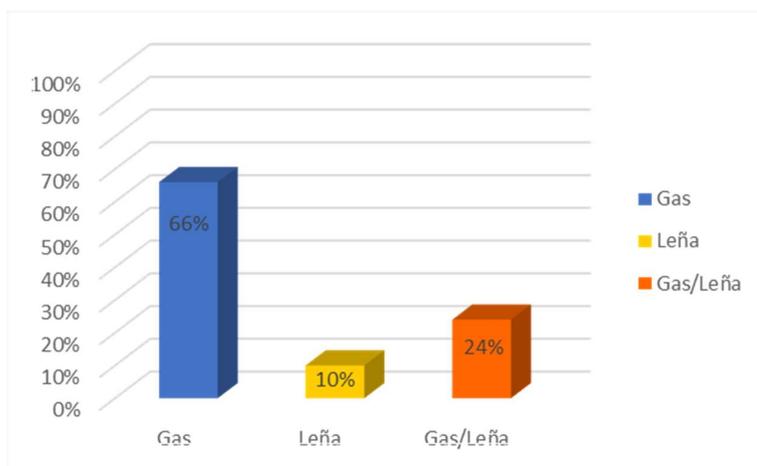
## 4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Método de recolección de datos socioeconómicos

A continuación, en la tabla 11 se presenta el análisis de tabulación y gráfica de los resultados obtenidos de cada una de las preguntas, en base a las respuestas de las encuestas aplicadas a los comuneros y la entrevista semi estructurada al presidente de la junta de agua de San Rafael.

**Tabla 11. Pregunta 1: ¿Cuáles son los principales combustibles o energías que utiliza para cocinar?**

Alternativa	Respuesta	Porcentaje (%)
Gas	33	66%
Leña	5	10%
Gas/Leña	12	24%
Total	50	100%



**Figura 29 Tasa del uso de energía o combustibles**

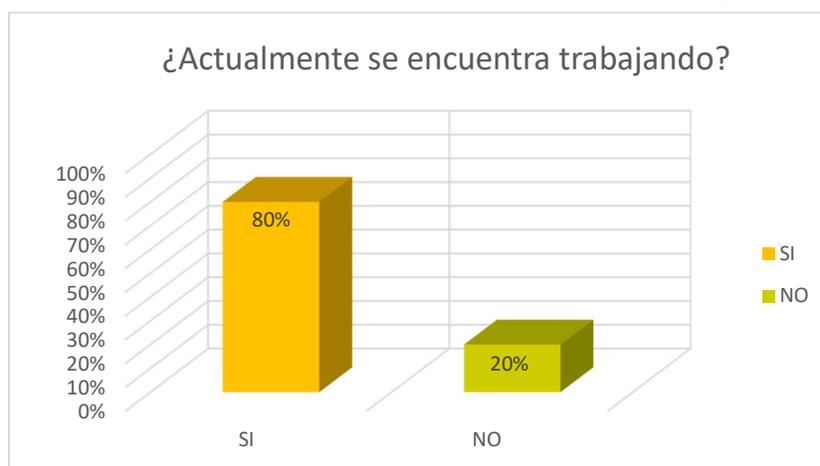
#### **Análisis:**

De los encuestados, 33 de los 50 pobladores, prefieren cocinar a gas, siendo este un recurso que les permite un ahorro económico, ya que es más barato que el kWh de energía a diferencia de los otros combustibles utilizados en la comunidad. El cilindro de

gas doméstico se adquiere únicamente en el poblado de Checa más no en San Rafael. El costo del combustible es de \$3,50 y el transporte del mismo es de \$3, lo que significa que el precio aumenta a más del doble por aquel producto que es subsidiado por el estado y que normalmente se paga \$1,60, de modo que, a los pobladores no les beneficia el subsidio y el mismo va a parar a los intermediados. El 10% de los encuestados opta cocinar a leña, el 66% a gas y el 24% prefieren cocinar a gas y leña (ver Figura 29).

**Tabla 12. Pregunta 2: ¿Actualmente se encuentra trabajando?**

Alternativa	Respuesta	Porcentaje (%)
SI	24	80%
NO	26	20%
Total	50	100%



**Figura 30 Tasa de empleo**

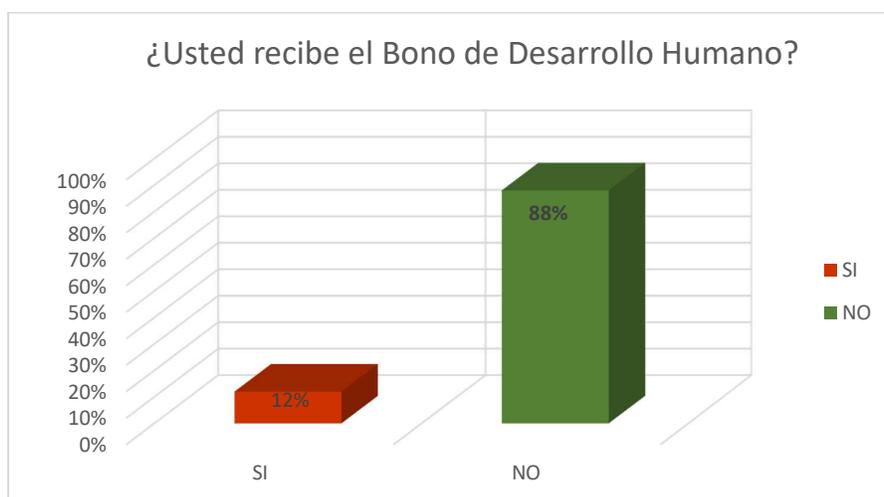
**Análisis:**

En la Figura 30 se observa uno de los principales factores económicos, que es el empleo, donde se determinó que el 20% de los encuestados se encuentran desempleados. Mientras que el 80% de los encuestados si trabajan, considerando los resultados de la pregunta 4 y 5 de las encuestas. Los comuneros se dedican a la agricultura, ganadería y comercialización de productos en la localidad, con la finalidad de tener un ingreso económico pese a ser menos que un salario básico unificado.

Mediante la entrevista se determinó las causas principales del desempleo siendo estas las siguientes: edad promedio de la población (de 43 a 78 años), falta de experiencia laboral, no poseer un título de bachiller o de tercer nivel, y limitadas opciones laborales que ofrecen bajas remuneraciones a los pobladores.

**Tabla 13. Pregunta 3: ¿Usted recibe el Bono de Desarrollo Humano?**

Alternativa	Respuesta	Porcentaje (%)
SI	6	12%
NO	44	88%
Total	50	100%



**Figura 31 Tasa del bono del desarrollo humano**

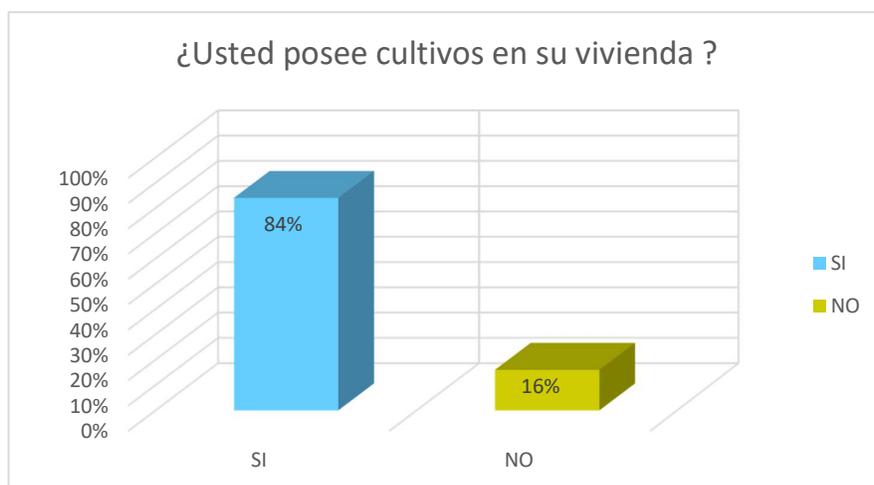
**Análisis:**

La sustentabilidad económica de los beneficiarios del Bono de Desarrollo Humano en la calidad de vida de la comunidad encuestada es el 12%, siendo este, una fuente de ayuda para aquellos hogares de escasos recursos, adultos mayores, discapacitados, y madres solteras, este ingreso les permite aplacar hasta cierto punto las condiciones de pobreza.

El 88%, corresponde a aquellas personas que no reciben esta ayuda económica por varios factores como: personas de tercera edad sin estudios culminados y/o analfabetos que son vulnerables, así como también la falta de acceso a este tipo de información que proporciona el estado (ver Figura 31).

**Tabla 14. Pregunta 4: ¿Usted posee cultivos en su vivienda?**

Alternativa	Respuesta	Porcentaje (%)
SI	42	84%
NO	8	16%
Total	50	100%



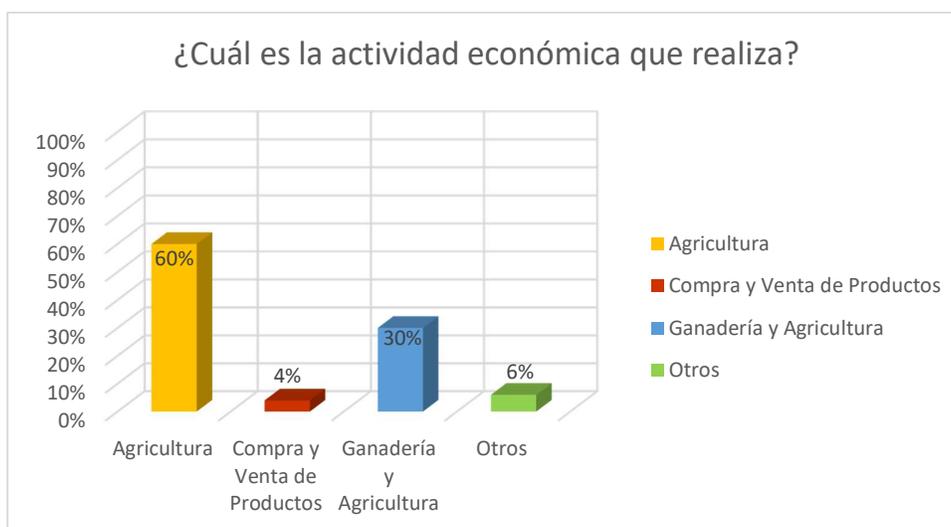
**Figura 32 Tasa de cultivos en las viviendas**

**Análisis:**

En la Figura 32 se puede ver que el 84% de los encuestados si poseen cultivos como: cereales, legumbres, hortalizas y frutas para autoabastecerse, debido a que la zona de San Rafael se beneficia de un ecosistema que cuenta con ciertas condiciones ambientales esenciales para el desarrollo de los cultivos y crecimiento de las plantas como: la variabilidad de estaciones climáticas, la vegetación, el riego, el suelo fértil y la temperatura, los mismos que repercuten en la calidad de las cosechas. Mientras que, el 16% de los encuestados no poseen ningún tipo de cultivo, ya que no cuentan con el área necesaria para cultivar, falta de recursos económicos, limitaciones físicas.

**Tabla 15. Pregunta 5: ¿Cuál es la actividad económica que realiza?**

Alternativa	Respuesta	Porcentaje (%)
Agricultura	30	60%
Compra y Venta de Productos	2	4%
Ganadería	15	30%
Otros	3	6%
Total	50	100%



**Figura 33 Tasa de las actividades económicas que se realiza en la comunidad**

**Análisis:**

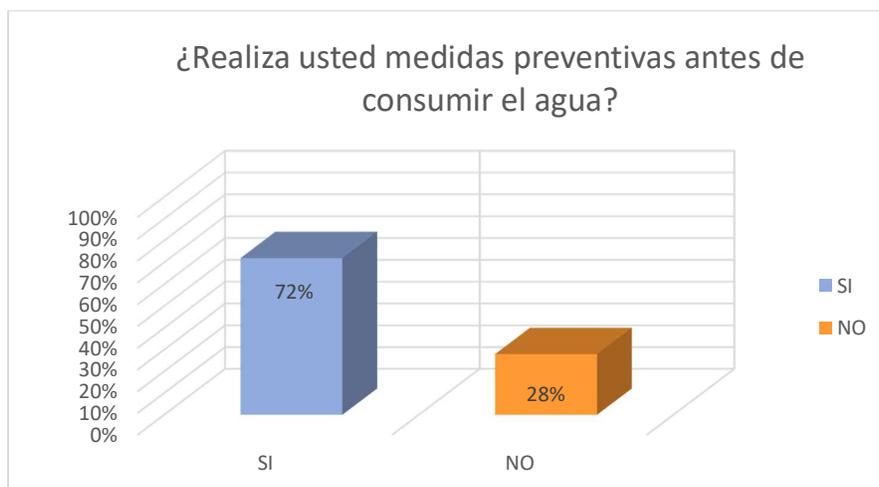
Las principales actividades económicas son la agricultura y la ganadería, que forman parte del sector primario. A pesar de que, el sector rural es el que produce en gran parte los alimentos para la ciudad, representa la mayor pobreza y el deterioro rural campesino.

El 60% de los encuestados se dedican a la agricultura, y el 30% a la ganadería, que les permite aumentar la productividad e ingresos, y mantener un efecto positivo promoviendo la agricultura sostenible. La mayoría de agricultores prefieren obtener productos orgánicos ya que cuentan con un suelo apto y productivo. Gracias a las actividades que se realizan como: el compost, abono natural y fertilidad.

La compra y venta de productos lo desarrollan el 4% de aquellas personas que se ocupan al comercio y el 6 %, se dedican a otras actividades, en síntesis 9 de cada 10 personas se dedican actividades del sector primario, mientras que las personas restantes se dedican actividades ajenas al sector agrícola y ganadero (ver Figura 33).

**Tabla 16. Pregunta 6: ¿Realiza usted medidas preventivas antes de consumir el agua?**

Alternativa	Respuesta	Porcentaje (%)
SI	39	72%
NO	11	28%
Total	50	100%



**Figura 34 Tasa de medidas preventivas**

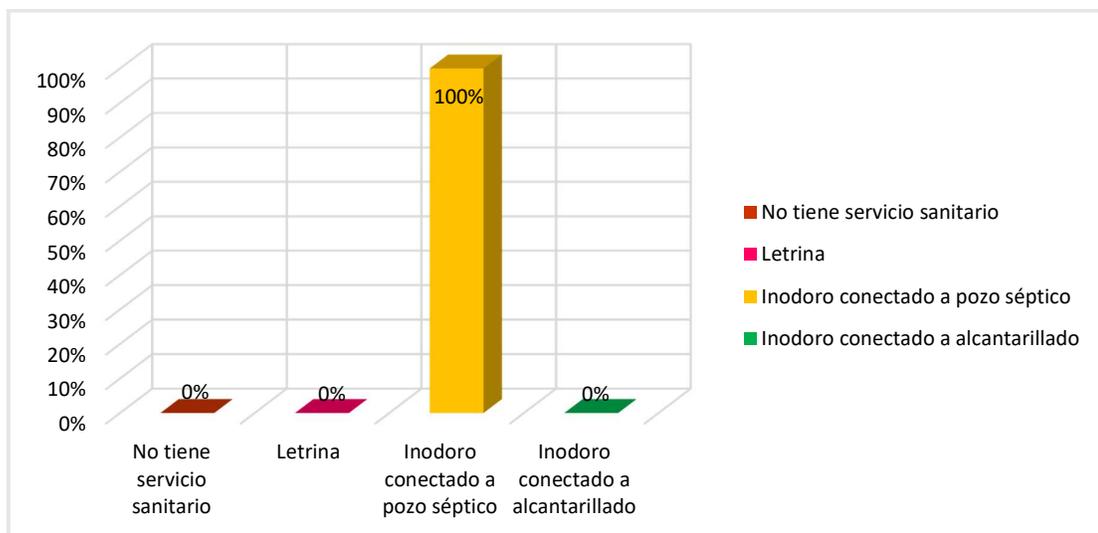
**Análisis:**

En la Figura 34 se observa que los habitantes encuestados pertenecen a la tercera edad, de los cuales se determinó que el 72% de las personas aplican constantemente medidas preventivas antes de consumir el agua tal y como la reciben de las fuentes, es decir para la alimentación hierven el agua antes de consumirla, o compran agua embotellada (Botellón de 6Lt).

El 28% de los comuneros carecen del recurso económico para adquirir agua embotellada y se ven obligados a utilizar y consumo del agua tal y como la reciben de las fuentes.

**Tabla 17. Pregunta 7: ¿Cuál es la disposición final de las excretas que se generan en las baterías sanitarias?**

Alternativa	Respuesta	Porcentaje (%)
No tiene servicio sanitario	N/A	N/A
Letrina	N/A	N/A
Inodoro conectado a pozo séptico	50	100%
Inodoro conectado a alcantarillado	N/A	N/A
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>



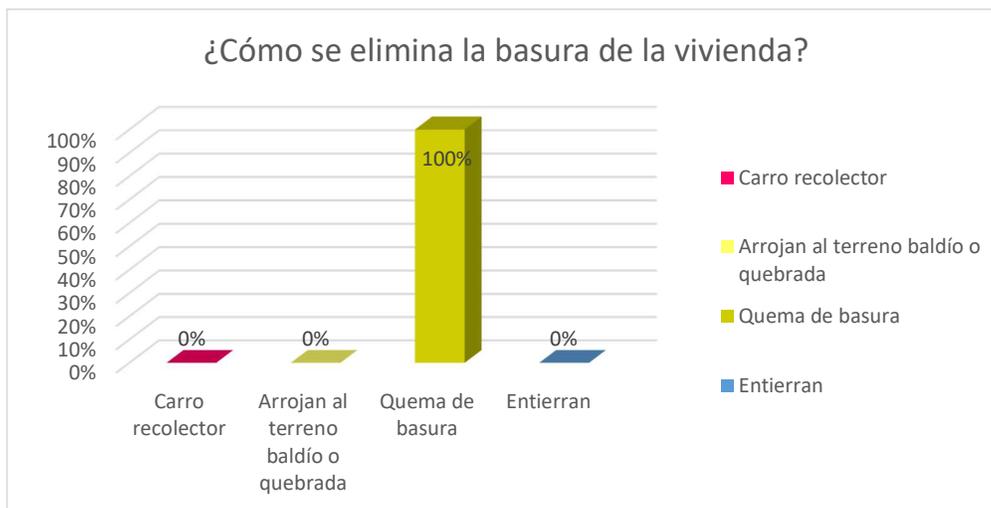
**Figura 35 Disposición final de las excretas**

**Análisis:**

El 100% de los domicilios de la comunidad cuentan con servicio sanitario de inodoros conectados a pozo séptico, esto indica la falta de alcantarillado (ver Figura 35). Sin embargo, la presencia de materia orgánica y coliformes puede generar contaminación por infiltración en el suelo y ocasionar enfermedades.

**Tabla 18. Pregunta 8: ¿Cómo se elimina la basura de la vivienda?**

Alternativa	Respuesta	Porcentaje (%)
Carro recolector	N/A	N/A
Arrojan al terreno baldío o quebrada	N/A	N/A
Quema de basura	50	100%
Entierran	N/A	N/A
Total	50	100%



**Figura 36 Disposición final de la basura**

**Análisis:**

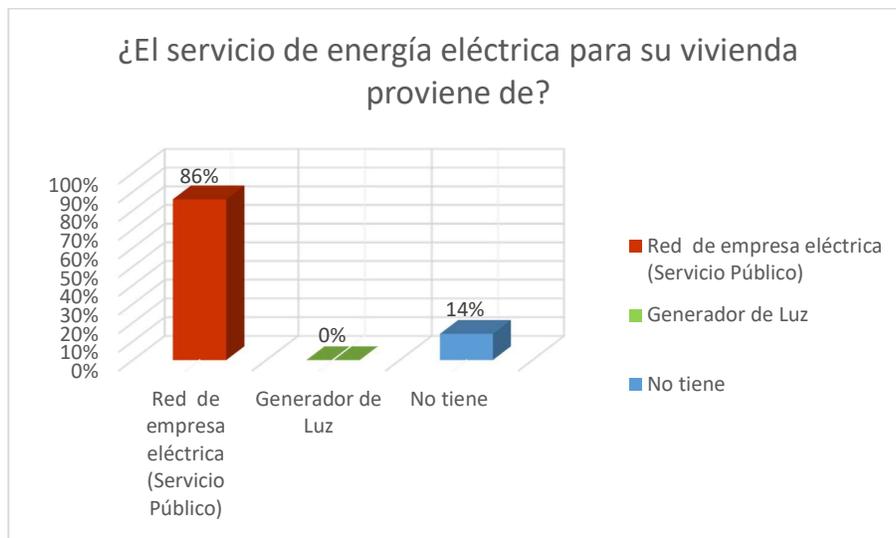
Uno de los problemas ambientales es la generación de residuos en donde la población y el consumo per cápita crecen y por ende aumentan los desechos, sobretodo la generación de residuos varía con la cantidad de habitantes y con el nivel económico.

Los pobladores de San Rafael realizan la quema de basura a cielo abierto para deshacerse de los residuos, ya que carecen del servicio de recolección (ver Figura 36). Sin embargo, los problemas de salud que poseen los comuneros no solo se enfocan en la calidad del agua, sino también en los malos hábitos que constantemente realizan para eliminar los desechos, los mismos que causan enfermedades respiratorias, irritaciones

nasales y de ojos debido a la inhalación del humo, ocasionados por la quema de residuos, sobre todo, la generación de gases tóxicos acentuando la contaminación del aire.

**Tabla 19. Pregunta 9: ¿El servicio de energía eléctrica para su vivienda proviene de?**

Alternativa	Respuesta	Porcentaje (%)
Red de empresa eléctrica	43	86%
Generador de Luz	N/A	N/A
No tiene	7	14%
Total	50	100%



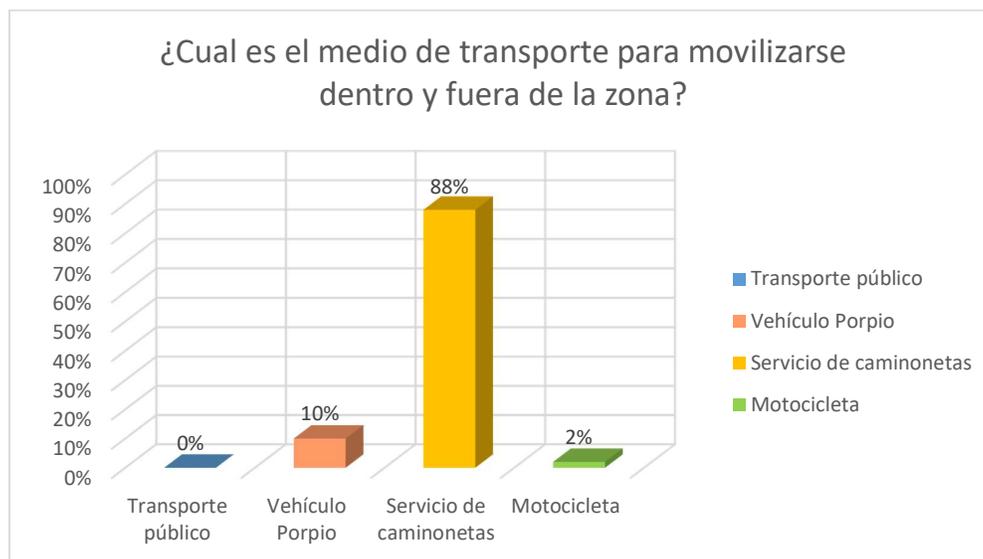
**Figura 37 Servicio de energía eléctrica**

**Análisis:**

El 86% de los encuestados cuentan con el servicio básico de la energía eléctrica, debido a que las viviendas de la comunidad se hallan centralizadas en un determinado sector facilitando el tendido de cable eléctrico, por otro lado, el 14% restante no posee este servicio ya que sus viviendas se encuentran alejadas de las redes de distribución eléctrica, esto genera otros problemas como, por ejemplo: la falta de información y comunicación que influye en su nivel socioeconómico (ver Figura 37).

**Tabla 20. Pregunta 10: ¿Cuál es el medio de transporte para movilizarse dentro y fuera de la zona?:**

Alternativa	Respuesta	Porcentaje (%)
Transporte público	N/A	N/A
Vehículo Propio	5	10%
Servicio de camionetas	44	88%
Motocicleta	1	2%
Total	50	100%



**Figura 38 Medios de transporte**

**Análisis:**

La mayoría de los encuestados no tienen los recursos económicos necesarios para movilizarse mediante un vehículo propio, es por ello que el 88% de las personas de la comunidad se movilizan a través del servicio de camionetas, este tiene un costo aproximado de \$3, este costo es alto debido a la falta de vías adecuadas para el acceso al poblado. El 12% se moviliza mediante vehículo propio y el 4% en motocicleta (ver Figura 38).

## **4.2 Resultados de la calidad del agua**

### **4.2.1 Parámetros analizados**

A continuación, en la tabla 21 se puede ver los resultados de los análisis de cada uno de los parámetros determinados en el *in situ*.

En la tabla 22 se presenta un resumen de los resultados obtenidos de los parámetros químicos y microbiológicos en los 5 puntos de monitoreo.

**Tabla 21. Resultados de los parámetros *in situ* analizados en los 5 puntos de muestreo en las 3 campañas realizadas.**

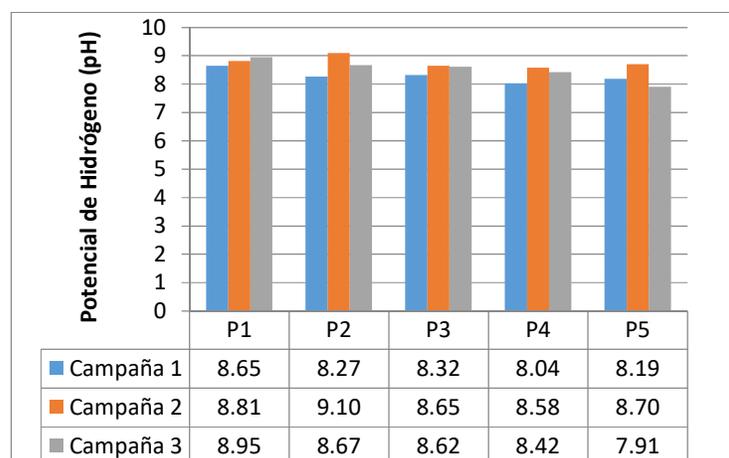
Parámetro	Unidad	Nº De Visita	P1	P2	P3	P4	P5	
IN SITU								
Potencial de hidrógeno pH	N/A	Campañas de Muestreo	1	8,65	8,27	8,32	8,04	8,19
			2	8,81	9,10	8,65	8,58	8,70
			3	8,95	8,67	8,62	8,42	7,91
Conductividad Eléctrica	S/cm		1	81,47	80,53	84,00	82,50	76,47
			2	38,07	37,60	44,33	63,73	46,93
			3	70,60	70,40	73,43	71,63	74,27
Temperatura	°C		1	10,10	9,83	14,03	16,47	14,03
			2	7,30	7,40	10,53	15,27	13,80
			3	7,83	7,70	12,30	17,17	15,90
Oxígeno Disuelto O.D.	mg/l		1	7,33	7,22	7,99	7,39	10,25
			2	7,73	7,55	7,61	6,74	8,55
			3	7,73	7,80	8,10	6,89	6,90
Turbiedad	NTU	1	9,23	8,39	8,25	7,53	31,37	
		2	17,33	17,3	13,33	4,21	24,27	
		3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

**Tabla 22. Resultados de parámetros químicos y microbiológicos analizados en los 5 puntos de muestreo en las 3 campañas realizadas.**

Sólidos Totales	Químicos	mg/L	440	382	366	404	345
Sólidos Disueltos		mg/L	188	173	187	202	213
Alcalinidad CaCO <sub>3</sub>		mg/L	22	25	22	23	20
Dureza CaCO <sub>3</sub>		mg/L	22,02	36,0	39,10	48,0	36,0
DQO		mg/L	15	13	18	17	18
DBO		mg/L	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Nitritos		mg/L	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001
Nitratos		mg/L	0,20	0,10	0,30	0,50	0,10
Nitrógeno Amoniacal		mg/L	0,24	0,15	0,18	0,20	0,15
Tensoactivos SAAM		mg/L	0,025	0,025	0,025	0,026	0,027
Fosfatos		mg/L	0,17	0,74	0,16	0,57	0,23
Aluminio Al		mg/L	0,321	0,206	0,273	0,260	0,274
Cobre Cu		mg/L	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04
Cromo hexavalente Cr <sup>6+</sup>		mg/L	0,010	0,007	0,005	0,011	0,003
Hierro Total Fe <sup>3+</sup>		mg/L	0,59	0,62	0,67	0,80	0,9
Sulfatos SO <sub>4</sub> <sup>+2</sup>	mg/L	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	
Coliformes totales	Microbiológicos	NMP/100 ml	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1
Coliformes Fecales		NMP/100 ml	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1

## 4.2.2 Parámetros *In situ*

- Potencial de hidrógeno (pH)

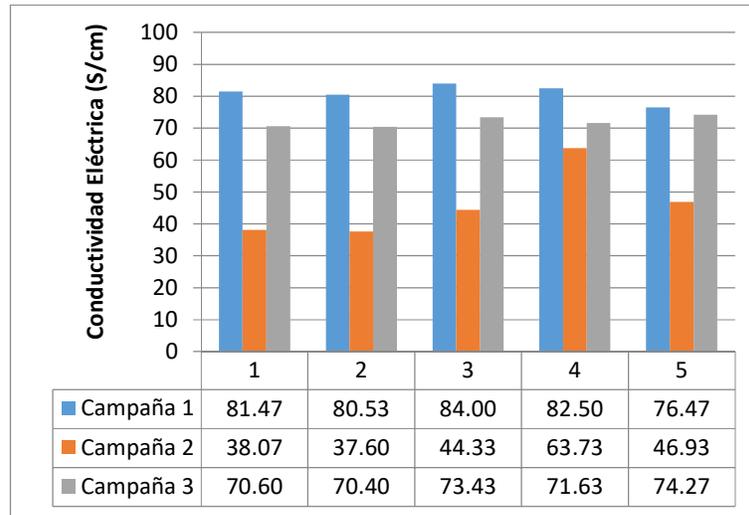


**Figura 39 Variabilidad de ph en los puntos de muestreo En las tres campañas**

El pH en cada uno de los puntos de muestreo oscila entre 8,19 a 8,65 en la primera campaña; 8,58 a 9,10 en la segunda campaña y de 7,91 a 8,95 en la tercera campaña (ver Figura 39) lo que evidencia la medida de iones hidrógeno en el agua (OMS, 2006). Los datos obtenidos no varían significativamente en cada uno de los puntos y campañas realizadas, lo que indica que el agua posee un pH básico.

Una de las causas principales que hace que se afecte el pH en el agua, es cuando existe un aumento de la temperatura, esto se debe a que las moléculas tienden a separarse en sus elementos: hidrógeno y oxígeno, ya a que al aumentar la proporción de moléculas descompuestas se produce más hidrógeno, lo cual aumenta el pH. Si el pH hubiera presentado un rango menor a 6,5 se podría generar problemas de acidez y corrosión en las tuberías o accesorios. Con estos problemas el agua tiende a tener un sabor metálico, amargo y producir manchas en la ropa y coloración azul verde en tuberías y desagües.

- Conductividad eléctrica



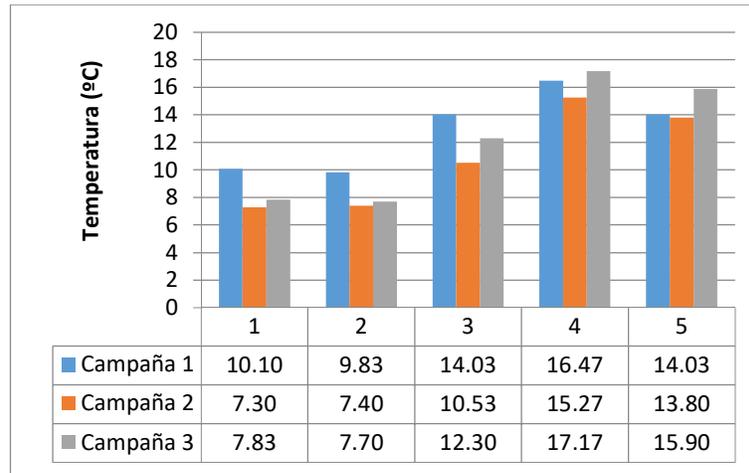
**Figura 40 Variabilidad de la conductividad eléctrica en los puntos de muestreo en las tres campañas**

Los datos de conductividad eléctrica en cada uno de los puntos de muestreo oscila entre 76,47 a 84,00 S/cm en la primera campaña; 37,60 a 63,73 S/cm en la segunda campaña y de 70,40 a 74,27 S/cm en la tercera campaña (Figura 40), debido a la presencia de sustancias inorgánicas disueltas en el agua, luego, estas se descomponen en aniones ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{PO}_4^{3-}$ ) y cationes ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$ ) (Guillermo Goyenola, 2007). Dicho parámetro se ve relacionado con la geología de la zona, ya que la tierra y las rocas descargan iones en las aguas que fluyen a través y por encima de ellas (EPA, 2000).

Se observa que los datos obtenidos no varían significativamente en la campaña 1 y 3 debido a que existía una leve precipitación, causando el arrastre de sustancias inorgánicas a lo largo del canal procedente de aguas arriba. Mientras tanto, en la campaña 2 se obtienen valores bajos debido a que en ese día no existió precipitación alguna y por la existencia de compuestos orgánicos (malos conductores de electricidad) que no se disuelven fácilmente en el cuerpo de agua dando rangos de conductividad eléctrica bajos.

Los sólidos disueltos y la conductividad están estrechamente relacionados. Es decir que, cuando mayor sea la cantidad de sales disueltas en el agua, mayor será el valor de conductividad, además la temperatura también es un parámetro que afecta a la conductividad. ( a mayor temperatura, mayor conductividad).

- Temperatura (°C)



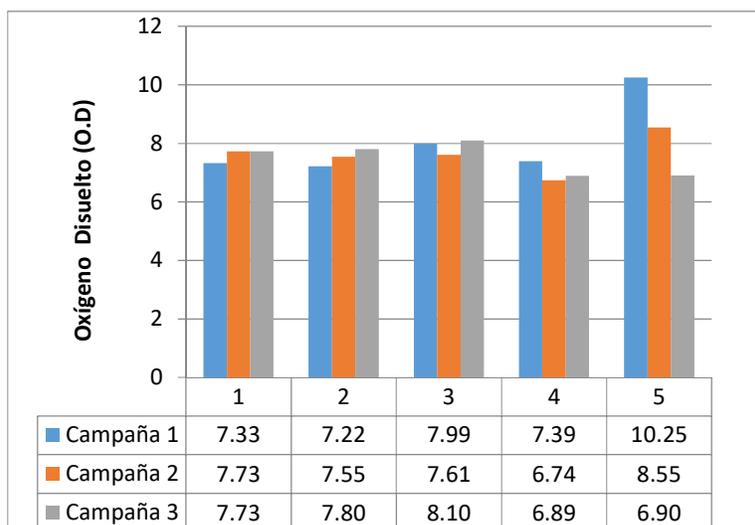
**Figura 41 Variabilidad de la temperatura en los puntos de muestreo en las tres campañas**

La temperatura en cada una de las campañas realizadas en los diferentes puntos va de manera creciente desde el punto 1 al 4 el cual varía de 7,83 a 17,17 °C, y de manera decreciente desde el punto 4 al 5 el cual varía de 17,17 a 15,90 °C, respectivamente (ver Figura 41). Mencionados valores se ven reflejados principalmente a la radiación solar, la altura de la zona y el horario de recolección de la muestra.

Las muestras en los dos primeros puntos fueron recolectadas a las 10:00 am, la tercera muestra a las 11:30 am, la cuarta a las 12:30 pm y finalmente la quinta muestra fue tomada a las 14:30 pm, esto en las tres campañas realizadas. En esta zona rural la temperatura varía ampliamente por el cambio de estaciones, es decir que, los organismos sometidos a cambios estacionales soportan más los cambios de temperatura y sus ciclos de vida están acoplados a estos cambios.

En efecto la solubilidad del oxígeno en el agua está afectada por la temperatura. Así a mayor temperatura, menor solubilidad y viceversa.

- Oxígeno disuelto (O.D)



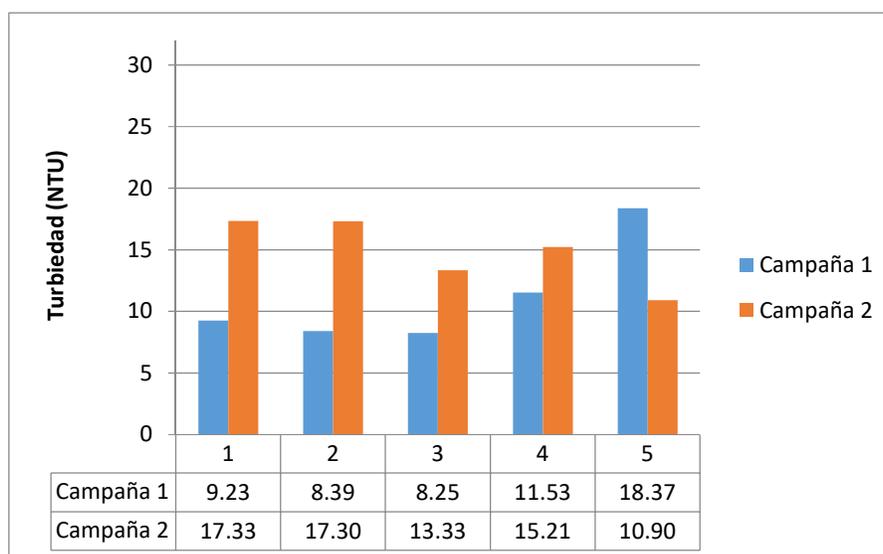
**Figura 42 Variabilidad del oxígeno disuelto en los puntos de muestreo en las tres campañas**

El oxígeno disuelto en cada una de las campañas realizadas en los diferentes puntos de monitoreo oscila entre 7,22 a 10,25 mg/L en la primera campaña; 6,74 a 8,55 mg/L en la segunda campaña y de 6,89 a 8,10 mg/L en la tercera campaña (Figura 42).

Los factores que influyen en la concentración de OD en el agua proviene de: la oxigenación natural producto del movimiento que esta ejerce a lo largo de la tubería, la presión atmosférica (altitud sobre el nivel del mar), la cantidad de materia orgánica muerta (algas, hojas, etc.), la altitud debido a que el agua contiene menos oxígeno en los lugares altos, el contenido de sales en el agua, y la temperatura del agua.

Se observa que, el oxígeno disuelto en el P5 (conexión domiciliar) varía entre 10.25 mg/L a 14.03°C hasta aproximadamente 6.90 mg/L a 15.9 °C, es conveniente acotar que se hace referencia a los horarios de muestreo, ya que el nivel de oxígeno disuelto es generalmente más elevado por la tarde. En este punto se tomó la muestra 16:20 pm en la campaña 1, 15:30 pm en la campaña 2 y 3.

- Turbiedad (NTU)



**Figura 43 Variabilidad de la turbiedad en los puntos de muestreo en las tres campañas**

La turbiedad en las dos campañas realizadas en los distintos puntos de muestreo oscila entre 8,25 a 18,37 NTU en la primera campaña y de 10,90 a 17,33 NTU en la segunda campaña. No se pudo realizar la medición de este parámetro en la campaña 3 debido a fallas en el equipo (Figura 43).

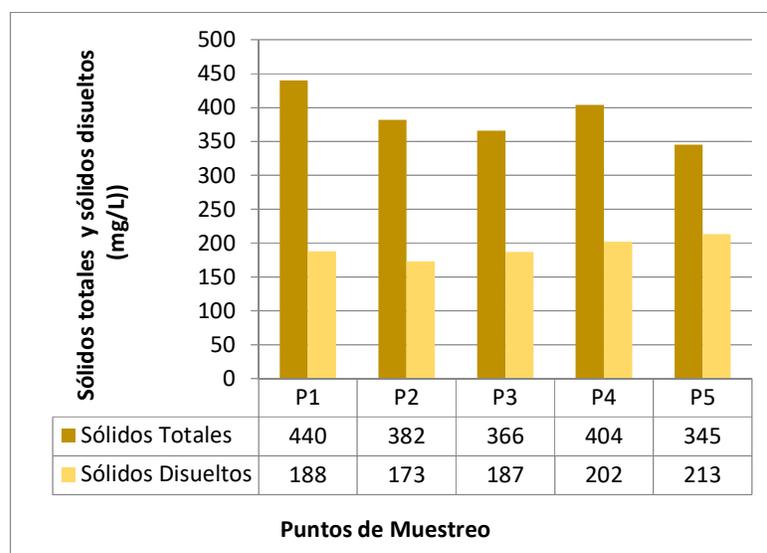
Los valores de turbidez obtenidos en los puntos 1, 2, 3 y 4 son parcialmente bajos en relación al último punto de muestreo y puede deberse por el arrastre de partículas en suspensión como la tierra, algunas hojas provenientes de árboles cercanos o a su vez, por sedimentos que se encuentran en el lecho del canal.

De igual manera se presenta una alta turbiedad en el punto 5, debido a que en el punto 4 (segundo reservorio), se cierra el flujo mediante una llave de paso hasta dejar acumular el agua proveniente de puntos anteriores. Es conveniente acotar que el día del muestreo se realizó una limpieza de los lodos a lo largo del tramo 4-5. Por lo que la recolección de la muestra de la campaña 1 perdió su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión provenientes de los lodos.

Si bien es cierto, los valores más altos de turbiedad se atribuyen al punto 5, esto posiblemente se debe a que en el transcurso de la semana se registró precipitaciones antes de ser recolectada la muestra. La presencia de escorrentías pluviales provenientes de las zonas altas se adhiere al cuerpo de agua, conduciendo partículas sólidas provenientes del suelo alterando los niveles de turbidez.

### 4.2.3 Parámetros Químicos

- Sólidos totales y sólidos disueltos

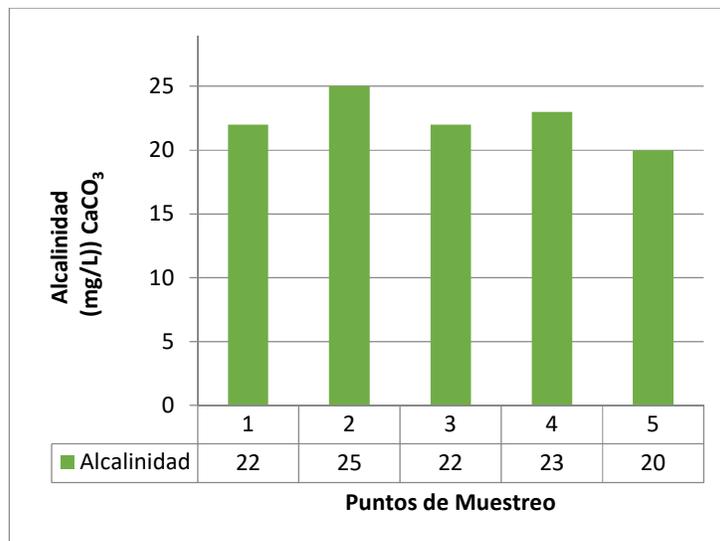


**Figura 44 Variabilidad de sólidos totales y sólidos disueltos en los puntos de muestreo**

Los datos de ST en los 5 puntos de muestreo oscilan entre 345 a 440 mg/L (ver Figura 44). Los puntos 1, 2 y 4 poseen los valores más altos que pueden deberse a posibles aguas que se filtran en el terreno o recorren la superficie del mismo, dado a que cerca del sitio de muestreo hay ganado que puede proporcionar vertidos orgánicos y, adicionalmente, se encuentran invernaderos donde se cultivan flores y frutillas en donde se utilizan fertilizantes que contienen nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas como es el nitrógeno, fósforo, potasio y al no ser usados adecuadamente estos ingresan a la línea de conducción por medio de precipitaciones, proporcionando de esta manera cantidades elevadas de ST.

De acuerdo con los sólidos disueltos ST, los resultados en los diferentes puntos varían entre los 173 y los 213 mg/L. Los puntos 4 y 5 presentan los valores más altos de SD en relación con los puntos 1, 2 y 3, ya que puede ser causado por fuentes naturales como escorrentías pluviales, debido a que los lodos una vez acumulados se desfogon por la misma tubería, o pudieron provenir del arrastre de materiales orgánicos como plantas, hojas o sedimentos.

- Alcalinidad Total



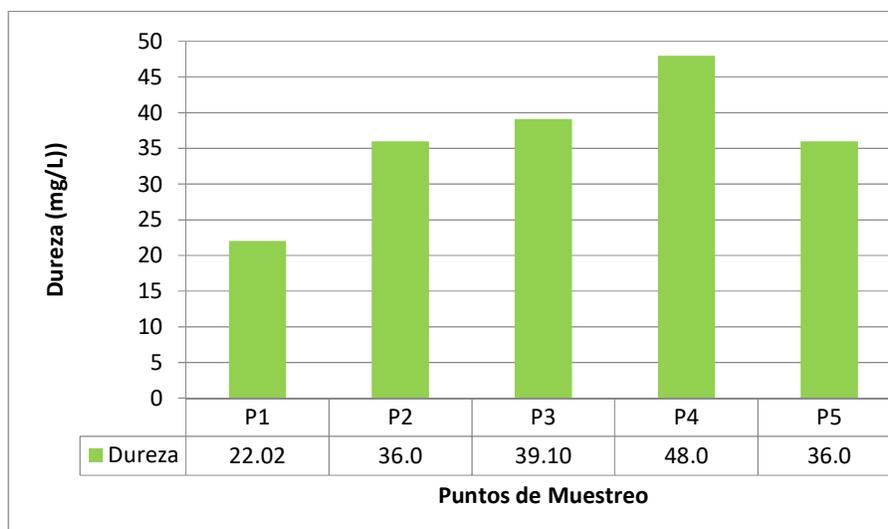
**Figura 45 Variabilidad de la alcalinidad en los puntos De muestreo**

Los datos de alcalinidad en los 5 puntos de muestreo varían entre 20 y 25 mg/L (ver Figura 45). Como la mayor parte de las aguas naturales presentan valores de pH entre 6 y 9, y la principal especie que contiene son bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ) de calcio, magnesio, sodio, hierro presentes en el cuerpo de agua.

El punto 2 registra el mayor valor, puesto a que los elementos que se mencionó anteriormente se encuentran adheridos a rocas o suelos y al presentarse lluvias estos ingresan al fluido, cabe recalcar que en este punto se encuentra el Pretratamiento (serpentín) por lo que tiene un tiempo de retención el cuerpo de agua en esta zona.

Los demás puntos de muestreo reflejan valores similares, debido a una disolución de rocas (minerales) a lo largo de cada tramo que portan cantidades significativas de bicarbonatos y carbonatos.

- Dureza total

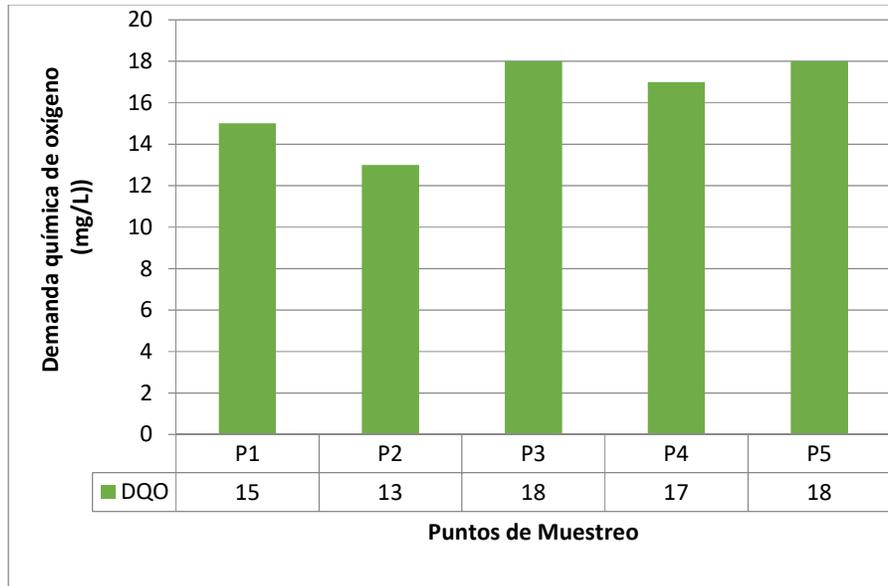


**Figura 46 Variabilidad de la dureza en los puntos de muestreo**

La dureza total en los diferentes puntos de muestreo oscila entre 22,8 a 48,0 mg/L (Figura 46). La presencia de sales de magnesio ( $Mg^{2+}$ ) y calcio ( $Ca^{2+}$ ) en el agua depende principalmente de las formaciones geológicas atravesadas por el agua de forma previa a su captación. Los elementos antes mencionados ingresan al agua mediante una disolución, producto del lavado de las rocas o elementos del suelo, siendo estos componentes minerales disueltos.

Por lo tanto, en el punto 4 (reservorio 2) se evidenció contaminación con agentes externos por partículas en suspensión. Dicho reservorio no cuenta con un cerramiento o cerca, que impida el ingreso de material circundante que se puede arrastrar y depositarse en el reservorio, cabe mencionar que dicho reservorio abarca el agua con fines para riego. A hora bien, en el punto 5 se observa que la dureza disminuye y mantiene valores aproximados al punto 3 (reservorio 1- agua de consumo humano), ya que es por medio del punto 3 con el que se abastece al punto 5 (conexión domiciliaria). En efecto, al contar con un pH que se encuentra dentro de la normativa se descartan problemas de incrustaciones por dureza.

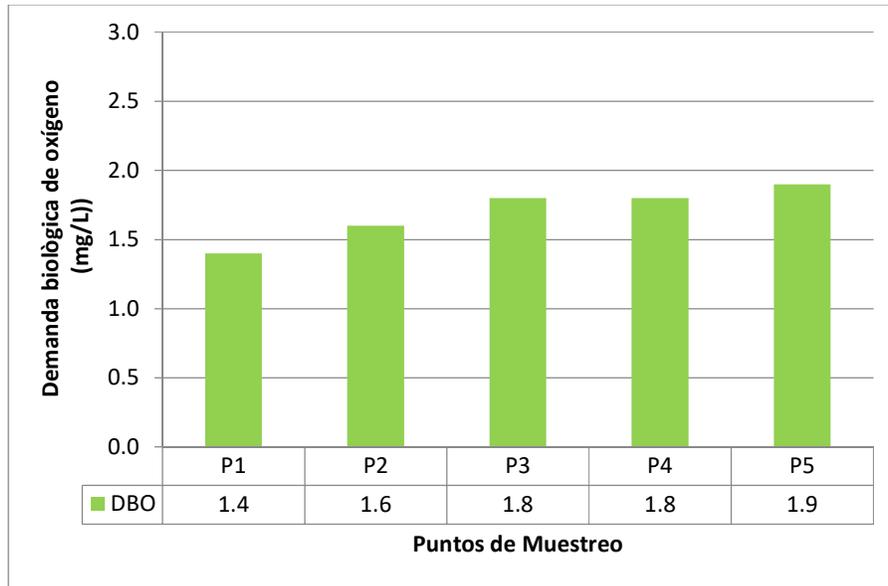
- Demanda química de oxígeno



**Figura 47 Variabilidad de la demanda química de oxígeno en los puntos de muestreo**

Los valores registrados de DQO en los diferentes puntos de muestreo oscilan entre 13 y 18 mg/L (Figura 47). La DQO es una medida de representación de contaminación orgánica, debido a la oxidación química de la materia orgánica presente en el cuerpo de agua (Gonzales V., 2000). En los 5 puntos de muestreo se registran valores de DQO bajos, por lo que sus resultados pueden deberse a fuentes naturales como hojas, plantas, sedimentos o fuentes antropogénicas que hay en la zona.

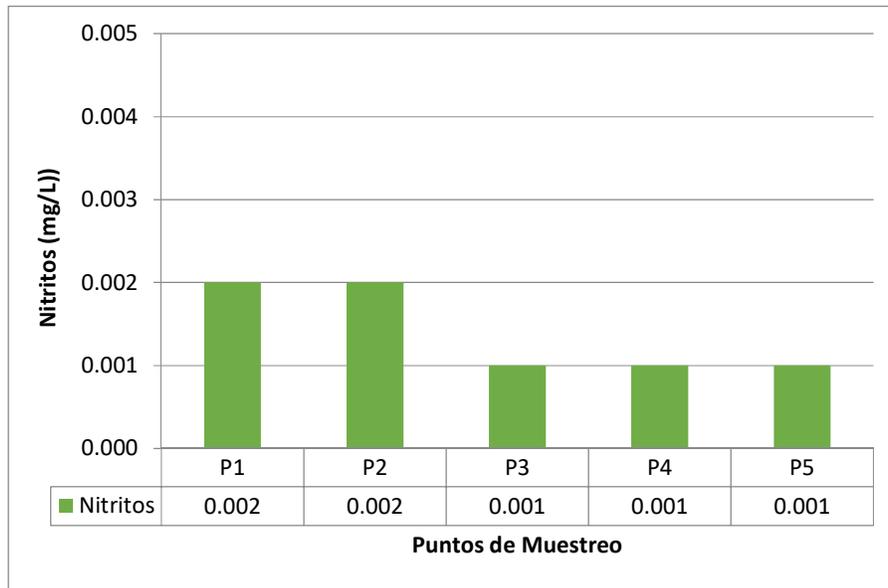
- Demanda bioquímica de oxígeno



**Figura 48 Variabilidad de la DBO en los puntos de muestreo**

Los valores registrados de DBO en los diferentes puntos de muestreo oscila entre 1,4 a 1,9 mg/L (Figura 48). Cabe recalcar que, la DBO permite medir la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua como resultado de la oxidación bioquímica aerobia (APHA, 2017). Los diferentes puntos de muestreo tienen un rango de concentración de DBO, dado a que cierta materia orgánica ingresa al cuerpo de agua, producto de hierbas y heces de los animales de la zona.

- Nitritos

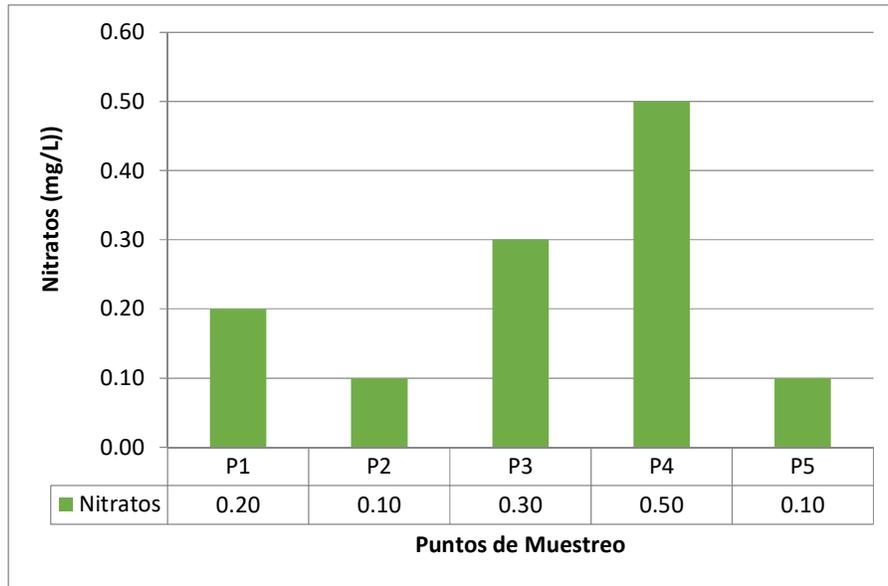


**Figura 49 Variabilidad de nitritos en los puntos de muestreo**

Los valores de nitritos se presentan en un rango de 0,001 a 0,002 mg/L, mientras que, la presencia de nitritos en el agua es indicativo de contaminación de carácter fecal reciente, ya que en aguas superficiales bien oxigenadas el nivel de nitrito no suele superar 0.1 mg/L (EPA, 2000). Por lo que según los resultados obtenidos en los 5 puntos de muestreo se evidencia valores relativamente bajos, y con ello no representan un riesgo directo para la salud.

Los nitritos se transforman a partir de los nitratos naturalmente por reducción microbiana y es un indicador de contaminación de carácter fecal reciente. Los valores obtenidos en los cinco puntos de muestreo son bajos, esto se debe a que no existe una alta contaminación fecal en el cuerpo de agua como se puede ver en la (ver Figura 49).

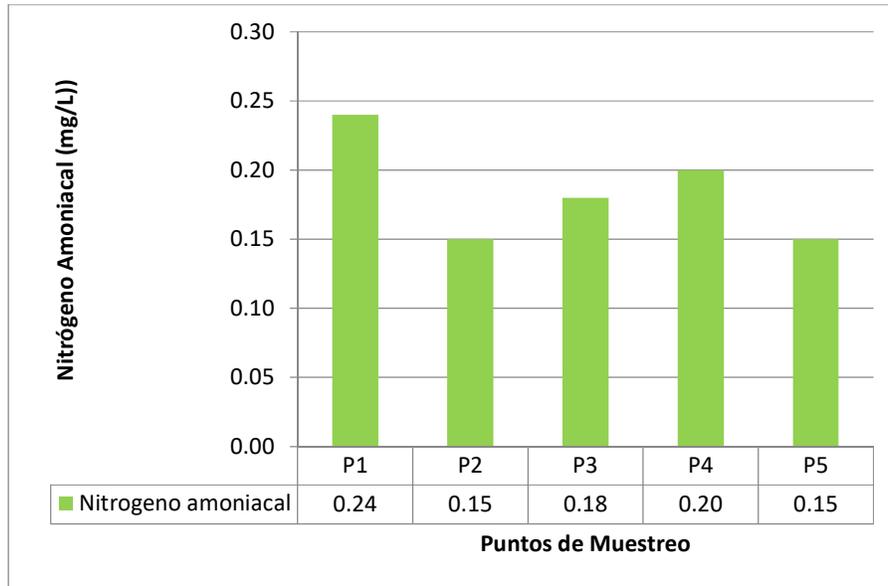
- Nitratos



**Figura 50 Variabilidad de nitratos en los puntos de muestreo**

Los valores de nitratos se presentan en un rango de 0,10 a 0,50 mg/L (ver Figura 50). Siendo el valor más alto de  $\text{NO}_3^-$  en el punto 4 (segundo reservorio), dicho reservorio se encuentra al aire libre, es decir, no posee una cubierta o cerramiento. Ahora bien, este parámetro se encuentra en la naturaleza disuelto en el agua y su presencia natural en las aguas es consecuencia del ciclo natural del nitrógeno. Por lo que el incremento de este parámetro en el punto 4 (segundo reservorio) se debe a una alteración de este ciclo, en el sentido de que se ha producido un aumento en la concentración de nitratos. Esto se da, debido a que cerca del punto 4 existen siembras de cultivos y probablemente exista un excesivo uso de abonos nitrogenados, y a su posterior arrastre como producto de las aguas lluvias.

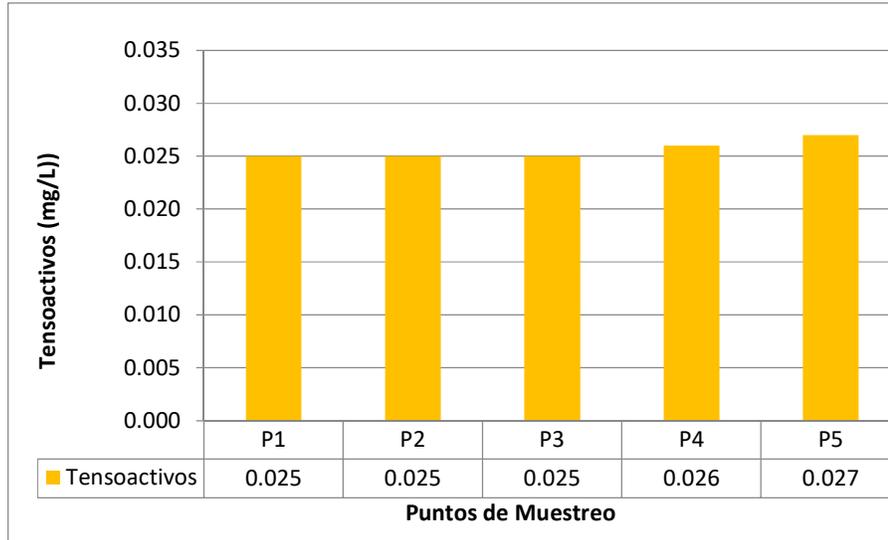
- Nitrógeno amoniacal



**Figura 51 Variabilidad de nitrógeno amoniacal en los puntos de muestreo**

Los valores de nitrógeno amoniacal se presentan en un rango de 0,15 a 0,24 mg/L (Figura 51). Por lo que, la fuente de nitrógeno amoniacal en agua cruda proviene de la degradación natural de la materia orgánica presente en la naturaleza (Julián Carrera, 2017). Los resultados de los diferentes puntos de muestreo tienen un rango de variación del nitrógeno amoniacal, dado a que cierta materia orgánica ingresa al cuerpo de agua, esto puede deberse a que en tramos la tubería se encuentra a canal abierto y cerrado.

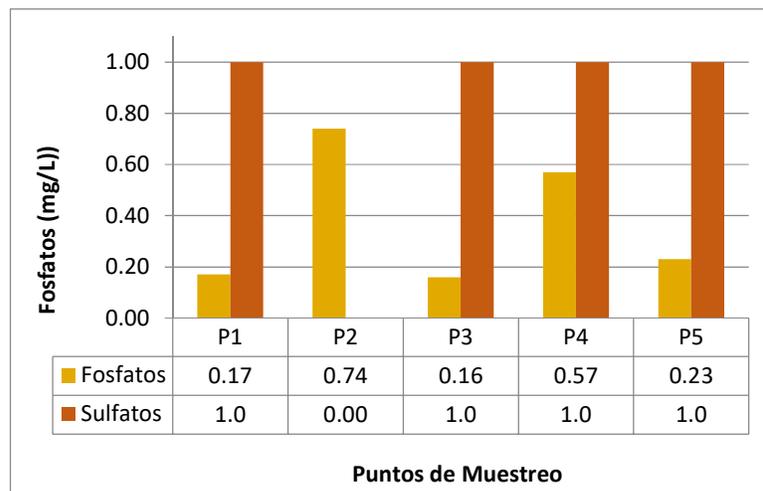
- Tensoactivos



**Figura 52 Variabilidad de tensoactivos en los puntos de muestreo**

Los valores de tensoactivos oscilan de 0,025 a 0,027 mg/L (ver Figura 52). Si bien es cierto, los tensoactivos son compuestos solubles en el agua. Los resultados de tensoactivos en los 5 puntos de muestreo son bajos y están bajo el cumplimiento de la normativa. En efecto el tipo de agua analizada proviene de vertientes, cuyo uso es para consumo humano. En relación con este tema las aguas de consumo humano no presentan grandes cantidades de Tensoactivos.

- Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )



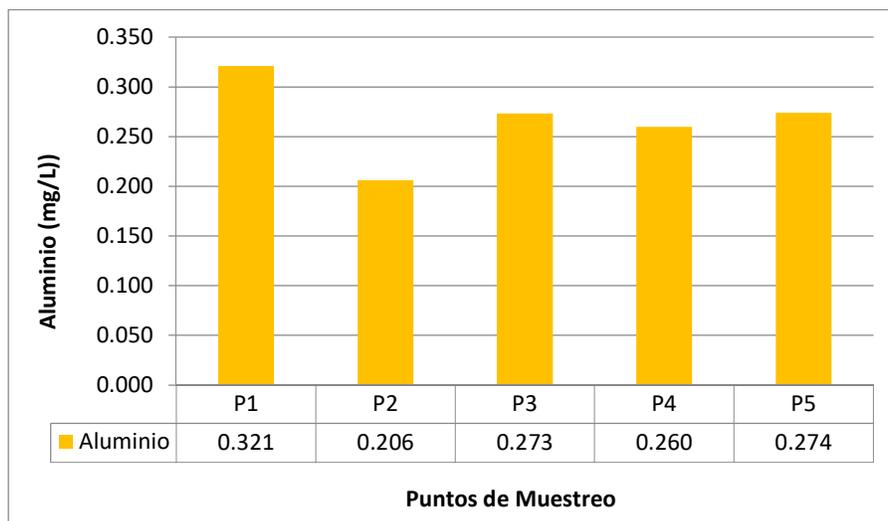
**Figura 53 Variabilidad de fosfatos y sulfatos en los puntos de muestreo**

Los valores obtenidos de fosfatos en los diferentes puntos de muestreo oscilan entre 0,17 y 0,74 mg/L (ver Figura 53). Los fosfatos pueden estar presentes en el agua a través de rocas portadoras de fósforo (fosfatadas) que se encuentran en los suelos y están en contacto directo con el agua o como producto de desechos agrícolas como es el caso del punto 2 donde se obtiene altos valores de este parámetro, ya sea por los efluentes del suelo cercano o por presencia de fertilizantes que son proporcionados a partir de las actividades agrícolas que se desempeñan en el entorno del sitio de estudio (Julio Villamar, 2015).

El rango de sulfatos en los puntos de muestreo 1, 3, 4 y 5 se mantiene constante en un valor de 1,0 mg/L. Cabe mencionar que los sulfatos están presentes en aguas naturales, debido a que es uno de los principales constituyentes de la corteza terrestre exterior, además, provienen de la descomposición de materia orgánica (Monterde, E., 2015).

Posteriormente los valores en el punto 2 son mínimos en comparación con el resto de los puntos, debido a que el área (desarenador) se encuentra revestido de concreto manteniendo la superficie protegida de la corteza terrestre.

- Aluminio ( $Al^{3+}$ )

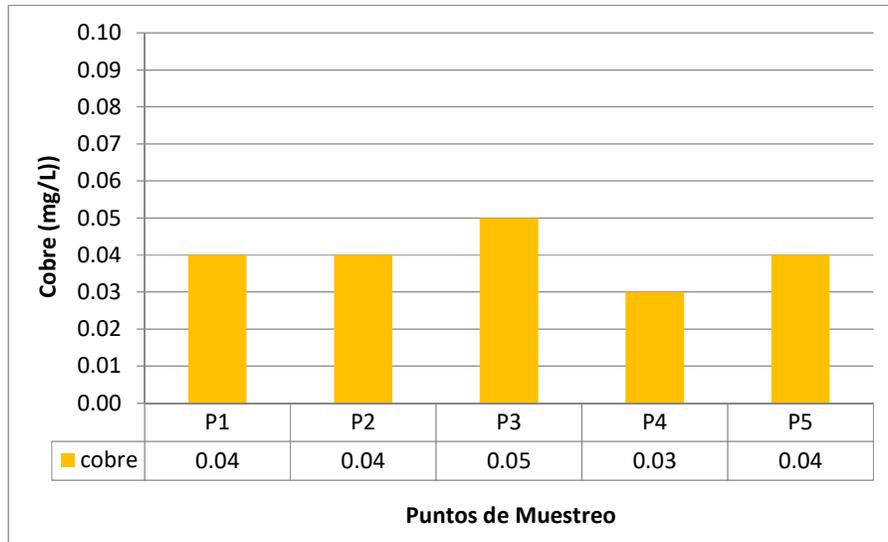


**Figura 54 Variabilidad de aluminio en los puntos de muestreo**

En la figura 54, se indican los datos obtenidos de aluminio en los 5 puntos de muestreo. El aluminio es uno de los elementos metálicos más abundantes en la corteza terrestre, sin embargo, no se encuentra libre en la naturaleza, ya que es parte de minerales, rocas y arcillas (OMS, 2003). Los resultados obtenidos en los puntos 1 (serpentín), 3 (primer reservorio), 4 (segundo reservorio) y 5 (última conexión domiciliaria) varían significativamente. Dado que, en este sistema de abastecimiento de agua se cuenta con una conducción tipo canal abierto antes de llegar al punto 1 (serpentín). En donde, puede haber un riesgo de contaminación del agua durante su recorrido hasta que llega al punto 1.

En este tipo de conducción a cielo abierto el agua puede arrastrar rocas y minerales que afectan al cuerpo de agua, cabe resaltar, que durante la toma de muestra se evidenció que en el interior de la estructura del punto 1 (serpentín), donde ingresa el agua se encontró material como: latas metálicas, acumulación de partículas en suspensión y ladrillos en el interior de la estructura donde ingresa el agua. Como producto del mal mantenimiento del serpentín, este puede alterar la calidad del agua y se evidencia en este parámetro que no cumple con la normativa (TULSMA).

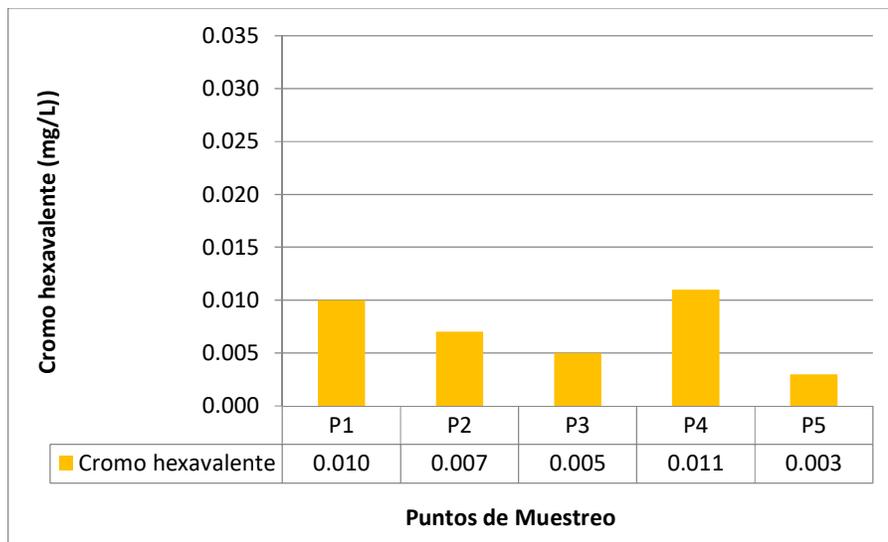
- Cobre



**Figura 55 Variabilidad de cobre en los puntos de muestreo**

El rango de Cobre obtenido en los 5 puntos de muestreo va desde los 0.03 a los 0.05 mg/L (ver Figura 55). Los valores obtenidos en los 5 puntos no varían significativamente, debido a que las tuberías del sistema de abastecimiento y conducción son de PVC y de hierro galvanizado, razón por lo cual los datos de cobre son bajos. Se conoce que la presencia de cobre en el agua puede producir enfermedades estomacales, así como daño a los riñones e hígado (OMS, 2003).

- Cromo hexavalente (Cr<sup>6+</sup>)

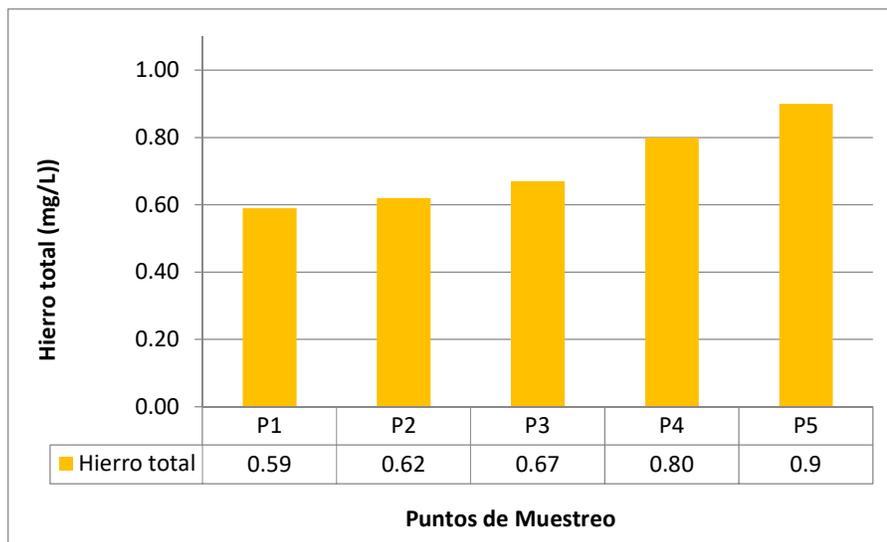


**Figura 56 Variabilidad de cromo hexavalente en los puntos de muestreo**

Los valores obtenidos de Cromo hexavalente oscilan desde 0.003 a 0.011 mg/L en los 5 puntos de muestreo (ver Figura 56). Cabe mencionar que el Cromo hexavalente es un elemento natural que se encuentra en las rocas, plantas, suelos, animales, en humos y gases volcánicos (MAR, 2011). Los valores obtenidos en los puntos 1 (serpentín), 2 (salida del serpentín), 3 (primer reservorio) y 5 (ultima conexión domiciliaria), son valores relativamente bajos a comparación del punto 4 (segundo reservorio) que presenta un nivel alto.

Sin embargo, sin embargo, el valor de este punto no afecta al consumo. Ya que el agua del 4 es utilizado netamente para el riego. Evidentemente, los puntos de muestreo presentan resultados bajos de cromo hexavalente y cumplen con la normativa (TULSMA).

- Hierro total ( $\text{Fe}^{3+}$ )



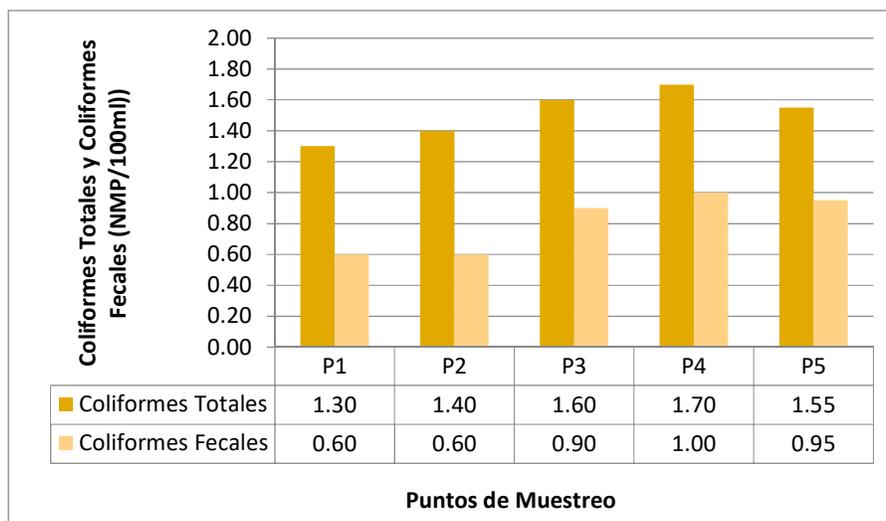
**Figura 57 Variabilidad de hierro total en los puntos de muestreo**

El rango de hierro total obtenido en los 5 puntos de muestreo va desde los 0.59 a los 0.90 mg/L (ver Figura 57). El hierro se encuentra considerablemente distribuido en la naturaleza, existe en suelo y minerales principalmente como óxido férrico insoluble y sulfuro de hierro,  $\text{FeS}_2$  (pirita) (Sánchez, R., 2015). Los resultados de hierro total en los 5 puntos de muestreo varía de una forma creciente, esto va desde el punto 1 (serpentín) al punto 5 (ultima conexión domiciliaria).

Sucede pues, que el aumento de hierro se produce a medida que el agua se filtra por el suelo y las piedras puede disolver estos minerales y acarrearlos en el agua que ingresa al punto 1 (serpentín). Cabe mencionar, que este parámetro está presente en el agua de consumo, presentan problemas organolépticos y para la infraestructura de redes, entre estos: válvulas, cajas rompe presión, cajas de revisión, accesorios y además el riesgo de formación de biopelículas al interior de las tuberías.

Es importante mencionar que el hierro y el manganeso son elementos que actúan de forma conjunta, pero dado a que el día del análisis de las muestras no se contó con el reactivo para realizar el ensayo de manganeso este no se lo pudo realizar.

#### 4.2.4 Parámetros Microbiológicos



**Figura 58 Variabilidad de coliformes totales y coliformes fecales en los puntos de muestreo**

La contaminación del agua por materia fecal procedentes de los seres humanos o animales, se evidencian por la presencia de coliformes fecales: *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella* (Cázares Méndez Irma Guillermina, 2006).

Durante el análisis microbiológico se realizó una prueba presuntiva para determinar contaminación de coliformes totales y fecales en el agua. Los resultados del análisis fueron reportados como NMP/100ml, <1.1 \* coliformes fecales. De una muestra de 100 ml de agua mediante el rango establecido en la normativa (TULSMA e INEN), cumpliendo con el LMP (límite máximo permisible).

Como se observa en la (ver Figura 58), en relación con este parámetro se debe a que el agua analizada proviene de vertientes, las cuales están protegidas por directivos de la comunidad, por lo que sus valores en el punto 1 (serpentín) son bajos. Mientras que, en el punto 3 y punto 4 (reservorios) están expuestos a contaminación antropogénica y por actividades ganaderas.

### **4.3 Evaluación de resultados y comparación con las normas vigentes**

Los resultados obtenidos en cada una de las mediciones *in situ* y los análisis realizados en el laboratorio, fueron comparados tanto con el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente TULSMA, Libro VI, Anexo I, Tabla 1 (Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección) y con la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 1108: 2015). Adicionalmente se comparó con la norma INEN 1108:2015, únicamente para tener una referencia, debido a que la normativa se encarga de evaluar el agua potable, no obstante el agua de nuestro caso de estudio no recibe similar tratamiento.

En la tabla 23 se indican algunos de los parámetros que están dentro y fuera de los límites máximos permisibles, al compararlos con las normativas anteriormente mencionadas por puntos de muestreo

A continuación, se realiza una valoración de los resultados obtenidos de cada uno de los parámetros determinados antes mencionados.

**Tabla 23 Resultados de los Análisis físicos, químicos y microbiológicos con la normativa TULSMA**

PARÁMETROS FISICOS QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS OBTENIDOS EN SAN RAFAEL PROVINCIA DE PICHINCHA											
Parámetro	Unidad	Nº De Visita	P1	P2	P3	P4	P5	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	INEN 1108	<u>SI CUMPLE</u> <u>NO CUMPLE</u>	
<b>INSITU</b>											
Potencial de hidrógeno	pH	Campañas de Muestreo	1	8.65	8.27	8.32	8.04	8.19	6 - 9	6 - 9	Si cumple
			2	8.81	9.10	8.65	8.58	8.70			Si cumple
			3	8.95	8.67	8.62	8.42	7.91			Si cumple
Conductividad d Eléctrica	S/Cm		1	81.47	80.53	84.00	82.50	76.47	1500	-	Si cumple
			2	38.07	37.60	44.33	63.73	46.93			Si cumple
			3	70.60	70.40	73.43	71.63	74.27			Si cumple
Temperatura	°C		1	10.10	9.83	14.03	16.47	14.03	-	Condiciones naturales +/- 3 grados	Si cumple
			2	7.30	7.40	10.53	15.27	13.80			Si cumple
			3	7.83	7.70	12.30	17.17	15.90			Si cumple
Oxígeno Disuelto	mg/l	1	7.33	7.22	7.99	7.39	10.25	-	No menor al 80% de oxígeno de su saturación y no menor a 6 mg/L	Si cumple	
		2	7.73	7.55	7.61	6.74	8.55			Si cumple	
		3	7.73	7.80	8.10	6.89	6.90			Si cumple	
Turbiedad	NTU	1	9.23	8.39	8.25	7.53	31.37	5NTU	10	No cumple (5Pts)	
		2	17.33	17.3	13.33	4.21	24.27			No cumple (P1, P2, P3, P5)	

		3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A			No cumple
PARÁMETROS FISICOS QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS OBTENIDOS EN SAN RAFAEL PROVINCIA DE PICHINCHA										
Sólidos Totales	mg/L	440	382	366	404	345	500	500	500	Si cumple
Sólidos Disueltos	mg/L	188	173	187	202	213	1000	500	500	Si cumple
Alcalinidad	mg/L	22	25	22	23	20	<500	<500	<500	Si cumple
Dureza	mg/L	22.02	36	39.1	48	36	500	500	500	Si cumple
DQO	mg/L	15	13	18	17	18	< 4	400	400	Si cumple
DBO	mg/L	1.4	1.6	1.8	1.8	1.9	< 2	2	2	Si cumple
Nitritos NO <sub>2</sub>	mg/L	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0,2	1	1	Si cumple
Nitratos NO <sub>3</sub>	mg/L	0.2	0.1	0.3	0.5	0.1	50	10	10	Si cumple
Nitrógeno Amoniacal NH <sub>4</sub>	mg/L	0.24	0.15	0.18	0.2	0.15	-	-	-	Si cumple
Tensoactivos	mg/L	0.025	0.025	0.025	0.026	0.027	0.5	-	-	Si cumple
Fosfatos PO <sub>4</sub>	mg/L	0.17	0.74	0.16	0.57	0.23	2.0	2,0	2,0	Si cumple
Aluminio Al	mg/L	0.321	0.206	0.273	0.26	0.274	0.25	0,2	0,2	No cumple
Cobre Cu	mg/L	0.04	0.04	0.05	0.03	0.04	2.0	1	1	Si cumple
Cromo Cr	mg/L	0.010	0.007	0.005	0.011	0.003	0.05	0,05	0,05	Si cumple
Hierro Total Fe	mg/L	0.59	0.62	0.67	0.8	0.9	1	1	1	Si cumple
Sulfatos SO <sub>4-2</sub>	mg/L	1	0	1	1	1	500	400	400	Si cumple

**PARÁMETROS FISICOS QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS OBTENIDOS EN SAN RAFAEL PROVINCIA DE PICHINCHA**

OMS		Organización mundial de la salud							
FAO		Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura							
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>									
Coliformes totales	NMP/100 mL	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	-	-	Si cumple
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	Si cumple

### **4.3.1 Análisis de Cumplimiento Global**

De lo obtenido, se aprecia que en la tabla 23 se presentan los resultados de los 23 parámetros analizados en laboratorio. Cada uno de los parámetros ha sido comparados mediante la normativa TULSMA Libro VI Anexo I y para tener una referencia nos basamos en la normativa INEN1108. Por lo que de los 23 parámetros analizados 21 de ellos cumplen con el Límite máximo permisible según el TULSMA, mientras que, 2 parámetros restantes (turbidez, aluminio) no cumplen con el LMP.

### **4.4 Mantenimiento para las principales estructuras del sistema de abastecimiento**

Durante la visita en campo se llevó a cabo el diagnóstico del sistema de abastecimiento y distribución del agua, en donde se evidencio que no poseen registros de actividades de mantenimiento. Por esta razón, surge la necesidad de elaborar fichas de mantenimiento que permitan mejorar la operación, identificar fallas y realizar las correcciones respectivas, y prolongar el tiempo de vida útil de los elementos que conforman el sistema de abastecimiento y distribución de agua.

Para el efecto se elaboraron esquemas en AutoCad, formatos de registro y control y fichas de mantenimiento preventivo y correctivo que permitan verificar el estado de las principales estructuras del sistema de abastecimiento del agua, desde el pretratamiento (serpentín), almacenamiento, línea de conducción, red de distribución y conexiones domiciliarias. Con el fin de identificar posibles fuentes de contaminación asociadas a la infraestructura existente y mejorar las labores (Ver Anexo 4-5-6-7).

## FICHA DE MANTENIMIENTO

<b>Elemento:</b>  Pretratamiento	
--	--

**TIPO DE MANTENIMIENTO:** Preventivo      **RESPONSABLE:** Presidente/Miembros de la directiva

Frecuencia	Problema	Acción	Actividades	Tiempo de ejecución	Recursos
Semanal	Calidad del agua	Limpieza de la infraestructura.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo de válvulas para regular el caudal de ingreso.</li> <li>• Evacuar el agua y sedimentos.</li> <li>• Remover los sedimentos del tanque hacia el drenaje.</li> <li>• Limpiar internamente el desarenador y rejillas.</li> <li>• Rociar con agua el fondo de la infraestructura, para garantizar su limpieza.</li> <li>• Cerrar los drenajes y abrir las válvulas para que circule el agua y retomar las funciones del desarenador.</li> </ul>	60 min	Usar Equipo de Protección Personal (EPP), pala cuadrada, cepillo de material sintético, manguera, escoba, cubetas.  Evitar el uso de detergentes o jabones.
Semanal	Caída de vegetación	Inspeccionar y limpiar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza manual del material grueso (ramas, hojas, etc.), presentes en la parte superior del desarenador.</li> </ul>	25 min	EPP, recogedor de hojas y cubetas
Semanal	Acumulación de sedimentos, lodos y partículas suspendidas	Evacuación y limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo de la válvula de desagüe en la caja de revisión para la evacuación de lodos, sedimentos arenas y partículas suspendidas.</li> <li>• Limpieza manual en la caja de revisión.</li> </ul>	60 min	EPP, escoba, cepillo sintético, balde, pala cuadrada, caretilla, manguera
Trimestral	Crecimiento de hierba en el exterior de la infraestructura	Inspeccionar corte y limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza externa de vegetación alrededor de la infraestructura.</li> <li>• Controlar y eliminar las malas hierbas en cuanto aparezcan (tiernas y en periodo de desarrollo).</li> </ul>	60 min	EPP, azadón, machete, hoz, rastrillo, caretilla, pala cuadrada.
<b>TIPO DE MANTENIMIENTO:</b> Correctivo					
Anual	Humedad e indicio de grietas	Corregir grietas y fisuras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerrar la válvula de entrada al tanque.</li> <li>• Vaciar el desarenador.</li> <li>• Remover cuerpos extraños adheridos en las paredes y en el interior de la infraestructura.</li> <li>• Corregir grietas oportunamente, recubriendo las paredes internas con mortero impermeabilizado</li> </ul>	60 min	EPP. Espátula, balde, escoba, mortero impermeabilizado, arena.

**FICHA DE MANTENIMIENTO**

**Elemento:**

Tanque de llegada



**TIPO DE MANTENIMIENTO:** Preventivo

**RESPONSABLE:** Presidente/Miembros de la directiva

Frecuencia	Problema	Acción	Actividades	Tiempo de ejecución	Recursos
Semanal	Acumulación de material grueso que conduce el agua cruda	Inspeccionar y limpiar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza manual del material grueso (ramas, hojas, etc.), presentes en la parte superior de la rejilla.</li> <li>• Limpieza interna del tanque.</li> </ul>	60 min	EPP, escoba, cepillo plástico, balde, pala cuadrada.
Trimestral	Crecimiento de moho en el exterior del tanque	Limpiar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza externa del tanque.</li> <li>• Restregar áreas enmohecidas.</li> <li>• Remoción de materiales dañados por el agua.</li> </ul>	60 min	EPP, azadón, machete, hoz, escoba, rastrillo, cepillo de plástico, balde, caretilla
Trimestral y Semanal en época de verano.	Incremento de maleza en el exterior del tanque	Control y limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corte adecuado del césped.</li> <li>• Controlar y eliminar las malas hierbas en cuanto aparezcan (tiernas y en periodo de desarrollo).</li> </ul>	60 min	EPP, azadón, machete, rastrillo, balde, caretilla
Según el caudal	Desborde de agua	Chequear el nivel del rebose de agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrir la tapa del tanque y retirar el exceso del agua con ayuda de un balde.</li> </ul>	30 min	EPP, baldes

**TIPO DE MANTENIMIENTO:** Correctivo

Anual	Deterioro de pintura en la tapa metálica de la cubierta del tanque	Inspeccionar y pintar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar la superficie metálica.</li> <li>• Pintar la tapa con pintura anticorrosiva.</li> <li>• Si existe rastros de pintura anterior, raspar para eliminar y mejorar la terminación de la pintura.</li> </ul>	60 min	EPP, pintura anticorrosiva, brochas, rodillo balde, plásticos o papel para proteger la superficie
Anual	Desgaste del material de seguridad	Cambiar candado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de candado de la tapa metálica del tanque.</li> </ul>	5 min	Candado y llaves

FICHA DE MANTENIMIENTO					
<b>Elemento:</b>  Reservorios					
<b>TIPO DE MANTENIMIENTO:</b> Preventivo			<b>RESPONSABLE:</b> Presidente/Miembros de la directiva		
Frecuencia	Problema	Acción	Actividades	Tiempo de ejecución	Recursos
Semanal	Caída de vegetación	Inspeccionar y limpiar	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Limpieza manual del material grueso (ramas, hojas, etc.), presentes en la parte superior del reservorio.</li> </ul>	30 min	EPP, recogedor de hojas de material sintético, cubetas
Semestral	Contaminación del agua almacenada	Lavado interno del reservorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Cerrar la válvula de ingreso de agua al reservorio 1.</li> <li>•Controlar el volumen de agua de los reservorios a, través de la válvula bypass</li> <li>•Lavar Interno (retirar el lodo asentado al fondo), y paredes removiendo el sarro que puede impregnarse.</li> <li>•Vaciar completamente el reservorio</li> <li>•Rociar agua a presión y enjuagar varias veces garantizando su limpieza.</li> <li>•Abrir la válvula de ingreso del agua y poner al servicio el reservorio.</li> </ul>	2 horas	EPP, cepillo y pala de material sintético, manguera, escoba, baldes, escalera  Evitar el uso de detergentes y materiales metálicos
Trimestral y Semanal en época de verano.	Crecimiento de maleza	Control y limpieza exterior	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Limpieza externa del área y remoción de materiales como: plantas, piedras, hierbas, tierra o residuos.</li> <li>•Prevenir la aparición de malas hierbas y mantener el área limpia.</li> </ul>	60 min	EPP, machete, pico, pala cuadrada, balde, rastillo, azadón, hoz, escoba, caretilla
Según el caudal	Desborde de agua	Chequear el nivel del rebose de agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrir la válvula de desagüe, para evacuar el exceso del agua.</li> </ul>	30 min	EPP
<b>TIPO DE MANTENIMIENTO:</b> Correctivo					
Anual	Cercado deteriorado	Construir cercado de mallas ciclónicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Limpieza general del área</li> <li>•Construcción del cercado para resguardar el área e impedir contaminación del agua o contacto físico con el medio (personas, animales)</li> </ul>	12horas	EPP, malla ciclónica, postes galvanizados alambre de púas, estacas, azadón, metro pala cuadrada.

## FICHA DE MANTENIMIENTO

**Elemento:**

Válvulas y accesorios



**TIPO DE MANTENIMIENTO:** Preventivo **RESPONSABLE:** Presidente/Miembros de la directiva

Frecuencia	Problema	Acción	Actividades	Tiempo de ejecución	Recursos
Trimestral	Atascamiento de válvulas	Inspeccionar, lubricar y proteger de la corrosión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar regularmente el estado de las válvulas.</li> <li>• Lubricación de válvulas</li> <li>• Evitar movimientos bruscos al abrir y cerrar las válvulas</li> </ul>	30 min	EPP, lubricante, balde, brocha
Diario	Cubiertas de válvulas y accesorios sin seguridad	Vigilancia y Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar que la tapa se encuentre cerrada y asegurada con candado.</li> <li>• Verificar daños, fugas e ingreso de material contaminante o desechos en la infraestructura</li> </ul>	20 min	Cámara fotográfica, llaves, candado
Mensual	Crecimiento de vegetación en los alrededores	Limpiar y cortar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza externa de vegetación, cerca de la infraestructura</li> </ul>	60 min	EPP, azadón, machete, rastrillo, escoba, carretilla
<b>TIPO DE MANTENIMIENTO: Correctivo</b>					
Anual	Humedad e indicio de grietas en la estructura	Corregir grietas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspeccionar el interior para detectar indicio de grietas.</li> <li>• Limpiar y remover cuerpos extraños adheridos en el interior</li> <li>• Restregar áreas enmohecidas</li> </ul>	60 min	EPP, cepillo o escobilla de material sintético, escoba, no usar detergente o jabones
Anual	Mal funcionamiento de las válvulas	Inspección y cambio de válvulas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar regularmente el estado de las válvulas.</li> <li>• Cambio de válvulas</li> <li>• Lubricación de válvulas</li> <li>• Evitar movimientos bruscos al abrir y cerrar las válvulas</li> </ul>	60 min	EPP, lubricante, alicate, taípe, balde, brocha, pintura anticorrosiva,

### FICHA DE MANTENIMIENTO

**Elemento:**

Conexión domiciliaria



**TIPO DE MANTENIMIENTO:** Preventivo **RESPONSABLE:** Presidente/Miembros de la directiva

Frecuencia	Problema	Acción	Actividades	Tiempo de ejecución	Recursos
Diario	Acumulación de sedimentos o arenas en el filtro.	Revisar y lavar el filtro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desmontaje manual del filtro para retirar sedimentos o arenas presentes.</li> <li>• Lavado interno del filtro.</li> </ul>	30 min	EPP, cepillo, de material sintético, cubeta
Anual	Manipulación del medidor de agua	Seguridad del medidor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir una protección metálica para cubrir el medidor de agua y mantenerlo asegurado.</li> </ul>	30 min	EPP, protección metálica
<b>TIPO DE MANTENIMIENTO: Correctivo</b>					
Semestral	Deterioro de la malla del filtro	Cambio de malla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chequear la retención de impurezas en el filtro</li> <li>• Cambio de malla del filtro por una malla de acero inoxidable.</li> </ul>	60 min	Malla de acero inoxidable
Ocasional	Deterioro del medidor y fallas en su funcionamiento	Cambio de medidor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que el medidor registre el consumo del domicilio.</li> <li>• Revisar que no existan fugas</li> <li>• Solicitar el cambio de medidor.</li> </ul>	60 min	Cámara fotográfica.

## 4.5 Socialización del Proyecto

En la tabla 22 se detalla la agenda de la socialización realizada.

**Fecha:** Miércoles, 24 de Junio del 2020

**Hora:** 16h00 –17h30

**Medio de comunicación:** Plataforma de video llamadas “Zoom”

**Participantes:**

- Presidente de la Junta de agua: Luis Elías Inaquiza Quispe
- Estudiantes: Rodrigo Palacios y Lizeth Velastegui

**Tabla 22 Agenda de la Socialización**

Hora	Tema	Responsable
10' 16:00-16:10	Registro de participantes	Rodrigo Palacios
05' 16:10-16:15	Palabras de Bienvenida	Rodrigo Palacios
15' 16:15-16:20	Presentación de la “Evaluación de la calidad del agua de consumo humano en la comunidad San Rafael	Rodrigo Palacios Lizeth Velastegui
16:20-16:23	Introducción y antecedentes	Rodrigo Palacios
16:23-16:26	Objetivos y Alcance del proyecto	Lizeth Velastegui
15' 16:26-16:41	Evaluación de la Calidad del agua de consumo	Rodrigo Palacios
10' 16:41-16:51	Características Socioeconómicas	Lizeth Velastegui
10' 16:51-17:01	Sistema de Abastecimiento y distribución del agua	Lizeth Velastegui
5' 17:01-17:06	Mantenimiento de las principales estructuras del sistema de abastecimiento	Lizeth Velastegui
10' 17:06-17:16	Conclusiones y Recomendaciones	Lizeth Velastegui Rodrigo Palacios
10' 17:16-17:26	Preguntas y Respuestas	Luis Inaquiza Lizeth Velastegui Rodrigo Palacios
4' 17:26-17:30	Agradecimientos	Lizeth Velastegui Rodrigo Palacios

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

San Rafael cuenta con una población de 60 familias de las cuales se encuestaron a 50 familias. Se precisó el tamaño de la muestra mediante la fórmula de probabilidades para comunidades rurales, obteniendo así una seguridad estadística del 97,5%. Las actividades económicas de la comunidad provienen de: El 60% agricultura, 30% a ganadería y apenas el 12% se beneficia del bono de desarrollo humano.

Las características socioeconómicas abarcan muchos aspectos que han sido evaluados uno por uno. Un análisis de la relación entre la calidad del agua y la pobreza considera dos dimensiones diferentes del problema: I) La satisfacción de necesidades básicas de la población, II) el rol del agua como insumo en la producción y su posible contribución al crecimiento social y económico. De modo que hacen referencia al tipo de sociedad, acceso a los servicios básicos, usos del agua y actividades económicas que posee la comunidad. Por lo tanto, la unión de todos estos componentes, son indispensables en la calidad del agua, por ende se debe trabajar en cada componente para una mejora continua de la calidad del agua.

A través del análisis de los 23 parámetros en laboratorio, 21 de ellos cumplen con límite máximo permisible según la normativa TULSMA Libro VI Anexo I Tabla 1, mientras que 2 de ellos (turbidez y aluminio) no cumplen con el límite máximo permisible en los 5 puntos de muestreo: P1 (serpentín), P2 (salida del serpentín), P3 (primer reservorio), P4 (segundo reservorio) y P5 (ultima conexión domiciliaria).

La presencia de aluminio se debe a la conducción tipo canal abierto, que arrastra rocas y minerales hasta llegar al P1 (serpentín). Otra de las causas es la acumulación de material encontrado como: (ladrillos, latas y cobertura vegetal) que obstaculizan la entrada del agua en el serpentín.

La turbidez es un parámetro que no cumple con el límite máximo permisible. Es este sentido, se hace referencia a los factores que ocurrieron durante la campaña 1 y 2. En la campaña 1 se tienen valores bajos de turbiedad a excepción del punto 4 y 5. Ahora bien, en el P4 (reservorio 2) se almacena agua para riego. Por otro lado cerca del P5 (conexión domiciliaria) se produjo la evacuación de lodos, coincidiendo el día de muestreo.

Los altos valores de turbiedad obtenidos en la campaña 2, se da como producto de precipitaciones ocurridas días antes y durante el muestreo, cabe mencionar que, la escorrentía pluvial proveniente del páramo se adhiere al cuerpo de agua, alterando los niveles de turbidez, ya que conducen partículas en suspensión, sedimentos, etc. No obstante el aluminio es uno de los elementos que puede llegar a alterar la turbidez del agua (a mayor turbidez, mayor cantidad de sólidos suspendidos).

Los recorridos en campo, el uso de materiales, equipos y el análisis visual contribuyeron en el diagnóstico de los elementos del sistema de abastecimiento y distribución del agua, junto a esto la elaboración de planos de las estructuras y accesorios hidráulicos. En estas actividades se identificaron fuentes de contaminación asociadas a la infraestructura, por esta razón se definieron acciones de mantenimiento, destinadas a evitar daños de difícil reparación y altos costos que puedan ocasionar interrupciones al abastecimiento de agua de la comunidad San Rafael.

El uso de los formatos de registro, fichas de mantenimiento preventivo y correctivo, servirá como herramientas para que el personal encargado lleve un control periódico de las actividades, mejorar la operación, identificar fallas y dar las correcciones respectivas, prolongando así el tiempo de vida útil de los elementos que conforman el sistema de abastecimiento.

El plano de la línea de conducción y mapa geo referencial contiene información técnica, que contribuyen a la interpretación del sistema de abastecimiento de agua de la comunidad San Rafael. Para su elaboración se utilizaron cartas topográficas del IGM (Cancagua y el Quinche), y programas de apoyo como: Google Earth, Civil3D, AutoCAD, procesando eficientemente los datos recolectados.

La socialización, en primera instancia se tenía planeada realizarla de forma presencial en la casa comunal de San Rafael. Debido a la presencia del COVID-19 a nivel mundial, el gobierno del Ecuador ha declarado la cuarentena a nivel nacional. Por tal razón, nos vimos obligados a realizar la socialización a través de la plataforma de video llamadas "Zoom", presentando el proyecto final al presidente de la junta de agua y la entrega del informe técnico se realizó a través del correo electrónico.

## 5.2 Recomendaciones

El Serpentín es una de las principales estructuras que tiene una función similar a la de un desarenador, ya que retiene las partículas en suspensión gruesas y arena del agua cruda. Se recomienda cubrir esta estructura, dado a la caída de vegetación, deslizamientos de tierras y material acumulado, mismo que obstaculiza el paso del agua en el interior del serpentín.

Dado a la aglomeración de material flotante y solidos gruesos que existe en el ingreso del agua al serpentín, se recomienda colocar una reja para mejorar la retención de dichos materiales acumulados.

Se recomienda realizar el análisis del agua en las fuentes de captación e identificar puntos de contaminación. Con ello se busca mantener un control de la calidad del agua.

Se recomienda dimensionar un tanque de almacenamiento de agua en base al consumo de la población. Y considerar aspectos generales como: volumen de almacenamiento, ubicación, estudios complementarios e instalaciones, vulnerabilidad, caseta de válvulas, mantenimiento, seguridad del área, etc.

Mediante la normativa TULSMA nos menciona que, toda agua de consumo humano debe recibir un tratamiento mínimo de cloración. Por lo tanto, se recomienda que el agua con el que se abastece la comunidad, reciba un tratamiento de cloración previo a su consumo, el mismo que debe ser ubicado después del reservorio 1 ya que este es el que abastece de agua a la comunidad.

Se aconseja a los miembros de la comunidad proteger las estructuras (serpentín, ovalo divisorio y reservorios) ya sea con cerramiento, cubiertas (techo), inspección y limpieza trimestralmente las áreas externas. Esto se debe a que la corteza terrestre y erosión del suelo son causantes del aumento de turbiedad y aluminio en el agua.

Se recomienda entubar el tramo que se encuentra a canal abierto, de este modo al entubar el agua se reduce el riesgo de contaminación.

Se recomienda realizar la desinfección a la infraestructura (serpentín, ovalo divisorio, recolección de lodos, tanque de llegada, cajas rompe presión) periódicamente (3 veces al año), con hipoclorito de calcio, para prevenir la acumulación de microorganismos, cabe mencionar que, la limpieza debe ser realizada antes de ejecutar la desinfección. Y llevar un registro de las actividades haciendo uso de la ficha de limpieza y desinfección.

El sistema de abastecimiento cuenta con accesorios que necesariamente deben ser protegidos (uso de candados de seguridad). Los cuales deben ser administrados por el dirigente de la comunidad o a su vez la persona que se delegue. Con el fin de mantenerlos protegidos de agentes externos y actuar en casos de emergencia.

Se sugiere que el presidente y vicepresidente de la comunidad tengan un control del cumplimiento de las actividades asignadas, a través del plan de mantenimiento y herramientas proporcionadas en este proyecto, facilitando así las labores de mantenimiento preventivo y correctivo asociadas a cada infraestructura del sistema de abastecimiento y a la calidad del agua.

Se recomienda que los formatos de registro y fichas de mantenimiento sean sometidos periódicamente a revisiones con el fin de actualizarlas a las necesidades, ampliaciones o cambios en los componentes del sistema de abastecimiento y distribución del agua.

Los resultados de las encuestas demuestran que el 100% de los pobladores queman la basura a cielo abierto para deshacerse de los residuos, debido a la carencia del servicio de recolección. Estas malas prácticas causan enfermedades respiratorias, ocasionan gases tóxicos y acentúan a la contaminación del aire. Se recomienda que los habitantes apliquen alternativas sostenibles para dar un tratamiento adecuado a sus residuos como: clasificación en la fuente, reciclaje y compostaje.

Se sugiere realizar reuniones informativas a los comuneros de San Rafael con el fin de dar a conocer la calidad del agua y las actividades de mantenimiento, para evitar que exista contaminación antropogénica o natural en los reservorios, siendo esta el área principal de almacenamiento del agua para uso y consumo.

San Rafael se beneficia de un ecosistema apto para el desarrollo de los cultivos, crecimiento de plantas y cuenta con un territorio ecológico. Sus habitantes toman acciones de conservación de los recursos naturales y biodiversidad pese a la carencia de recursos económicos. Se sugiere implementar programas de desarrollo de ecoturismo que mejoren la situación económica de la comunidad, buscando apoyo por parte de políticas públicas que protegen áreas naturales y comunidades rurales.

## 6 Bibliografía

- NTE INEN 978. (1984). *NTE INEN 0978 Agua potable. Determinación de sulfatos*. Obtenido de <https://archive.org/details/ec.nte.0978.1984>
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2007). *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua en situaciones de emergencia y desastre*.
- Álamo, E. S. (2008). *El Desarenador*. Nuevo Chimbote, Perú: Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional Ingeniería Civil.
- Alexandra Arce. (2019). *Reservorios de Agua*. Durán: Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Durán.
- American Public Health Association (APHA); Water Pollution Control Federation (WPCF). (2005). *Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales ( Traductor Bravo, Juan)*. Madrid, España.
- Ana María Sancha. (2016). Presencia de Cobre en guas de Consumo Humano: Causas, Efectos y Soluciones. Santiago, Chile: Universidad de Chile, Profesor Asociado, Investigadora en el área de calidad y Contaminación de aguas naturales y residuales.
- Ancín, M. (2011). Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Huancavilca, Perú: Universidad de Huancavilca, facultad de Ingeniería Química.
- Andre Arturo Ampuero León. (2018). Relación del pH y oxígeno Disuelto de Fondo con la Distribución del Bentos Calcificante de la Plataforma Centro- Norte Peruana. Lima- Perú: Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- APHA. (2017). *Standard Methods*. California, USA: American Public Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 23 edition. Method 5210 B.
- Association, Americam Public Health. (2017). *Standard Methods*. Water Pollution Control Federation, 23 edition, Method 5210 B.
- Beat Stauffer y Dorothee Spuhler. (12 de Diciembre de 2018). *Captación de ríos, lagos y embalses*. Obtenido de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/captaci%C3%B3n-de-r%C3%ADos%2C-lagos-y-embalses-%28reservorios%29>
- Bello, M y Pino. (2000). *Medición de Presión y Caudal*. Obtenido de <https://www.smar.com/espanol/articulos-tecnicos/medicion-de-presion-caracteristicas-tecnologias-y-tendencias>
- Bolivar, T. (2014). Mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura portuaria Puerto Bolivar.
- Carlos Hernán. (2007). Dureza total en agua con EDTA por Volumetría. Cali, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial.
- Carmen González Toro. (2011). En M. d. Agua. Puerto Rico: Recinto Universitario de Mayaguez, Colegio de Ciencias Agrícolas.

- Castellanos, D. M. (2011). *Fórmula para el cálculo de la muestra, poblaciones finitas*. Obtenido de <https://investigacionpediahr.files.wordpress.com/2011/01/formula-para-cc3a1lculo-de-la-muestra-poblaciones-finitas-var-categorica.pdf>
- Cázares Méndez Irma Guillermina. (2006). Análisis microbiológico de la calidad del agua de ciudad Nezahualcóytl, acorde a la norma oficial Mexicana NOM-127-SSA1. Nezahualcóytl, México: Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional.
- Cemedede-UNA. (2009). *Manual de especificaciones técnicas para estructuras de conducción del agua*. Obtenido de [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual/bibliotecavirtual/a00273.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual/bibliotecavirtual/a00273.pdf)
- Daniel Cárdenas. (2010). *Estudios y Diseños definitivos del Sistema de Agua Potable de la Comunidad de Tutucán, Cantón Paute, Provincia del Azuay*. Cuenca: Universidad de Cuenca Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil.
- David Sánchez Ramos. (2012). *Calidad del Agua en Ríos*. Madrid, España: Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Ciudad Real, Universidad de Castilla La Mancha.
- Echeverri, L. (11 de 1997). *Manula de Caracterización de aguas residuales industriales*. Obtenido de <http://www.acodal.org.co/holland/memorias/Taller%20Vertimientos/MANUAL%20DE%20CARACTERIZACION%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES%20INDUSTRIALES.pdf>
- Ediltrudis León Farias. (2016). *Gestión Integral y adaptativa de recursos ambientales para minimizar vulnerabilidades al cambio climático en microcuencas alto andinas*. Madri, España: Organización de las Naciones Unidas.
- EPA. (2000). *Volunteer Stream Monitoring*. Washington 1265 pp: United States Environmental Protection Agency.
- Erika Cabrera Molina . (2003). *Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar*. México. D.F.: Departamento de Química Analítica, Facultad de Química, Universidad Autónoma de México.
- FAO. (2010). *Buenas prácticas de manejo de recursos naturales y fortalecimiento institucional para la reducción de riesgos y desastres en el contexto del cambio climático*. Obtenido de FAO- Perú: <http://www.fao.org/climatechange/25234-04ee34b31d1fedd1de4b6d27e6594e0b8.pdf>
- Flores, R. (2011). *Abastecimiento de agua potable por gravedad con tratamiento*. Obtenido de Programa de agua potable y alcantarillado: <https://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%20%20Gravedad/Manual%20Abastecimiento%20Agua%20Potable%20por%20gravedad%20con%20tratamiento.pdf>
- Gonzales V. (2000). *Estudios de Biodegradabilidad de Efluentes Industriales*. Cali, Colombia: Ingeniería Química.
- González, H. (2008). *Manual de Captación- Sistema de agua por gravedad SANBASUR*. Perú: 2da Edición. Obtenido de <https://www.slideshare.net/232016/manual-de-capacitacionajassmodulo03>

- Google Earth . (2019).
- Grupo de Estudio Técnico Ambiental de Agua. (2015). *Gesta Agua*. Cali, Colombia: Universidad Técnica de Colombia.
- Guillermo Goyenola. (2007). Guía para la utilización de las Valijas viajeras en Conductividad. Santiago de Chile: Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos Red MAPSA.
- Hach. (2000). *Manual de Analisis de Agua Segunda edición* . Loveland, Colorado, EE.UU.: Hach Company .
- Hach Company. (abril de 2000). *Manual de análisis del agua*. Obtenido de <https://latam.hach.com/tomamuestras-peristaltico-as950/tomamuestras-portatiles/family?productCategoryId=54617687384>
- HACH COMPANY. (Abril de 2016). *Manual Hach*. Obtenido de [https://latam.hach.com/cms-portals/hach\\_mx/cms/documents/Que-s-la-conductividad-Final.pdf](https://latam.hach.com/cms-portals/hach_mx/cms/documents/Que-s-la-conductividad-Final.pdf)
- Hounslow, A. (1995). *Water Auality Data Analysis and Interpretation*. EE.UU.: Taylor & Francis Group .
- Ideam. (2015). *Turbiedad por Nefelometría en el equipo Turbiquant 3000 T*. República de Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- INEN. (2006). *Agua potable, determinación de cobre*. Quito, Ecuador: Indstituto Nacional de Estadística y Normalización.
- INEN 2169. (2013). *Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras*. Obtenido de <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACI%C3%93N-DE-MUESTRAS.pdf>
- INEN 971. (03 de 1983). *Determinación de la turbiedad Método nefelométrico*. Obtenido de <https://archive.org/details/ec.nte.0971.1984/page/n1>
- INEN 973. (03 de 1983 ). *Agua potable - Determinación del pH*. Obtenido de <https://archive.org/details/ec.nte.0973.1984/page/n1>
- José María Muñoz Vidal. (2009). *La importancia de la socialización en la educación Actual*. México. Df: Universidad Autónoma de México.
- Julián Carrera. (2017). *El Nitrógeno en las Aguas Residuales* . Barcelona, España: Universidad Auntonoma de Barcelona.
- Julio Villamar. (2015). *Calidad del Agua*. Chimborazo, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo .
- Lárraga, B. P. (2016). *Diseño del Sistema de Agua Potable para Augusto Valencia, Cantón Vinces, Provincia de los Rios*. Quito: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
- MAR. (2011). *Guías para el Manejo de Productos Químicos y Desechos Peligrosos* . Guatemala: Ministerio de Ambiente.

- Metcalf & Eddy. (2006). *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización*. Madrid: Ed. McGraw-Hill.
- MINAGRI. (2005). *Manual de Hidrometría* . Obtenido de <https://www.gob.pe/minagri>
- Monterde, E. (2015). Determinación del origen de los Sulfatos disueltos en las aguas de la cuenca del Llobregat en el Bages. Cataluña, España: Departamento de Ingeniería y Recursos Naturales, Universidad Politécnica de Cataluña.
- MSP. (lunes de Febrero de 2018). <https://www.salud.gob.ec/informacion-clave-para-el-consumo-de-agua-segura/>. Obtenido de <https://www.salud.gob.ec/informacion-clave-para-el-consumo-de-agua-segura/>
- NMX-AA-042-SCFI. (2015). *Análisis del Agua - Enumeración de organismos Coliformes totales y Fecales*. Obtenido de <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa042-2015.pdf>
- NTE INEN 984. (1984). *NTE INEN 984 Determinación de cobre*. Obtenido de <https://archive.org/details/ec.nte.0984.1984>
- NTE INEN 2169. (2013). Obtenido de Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras : <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACION-DE-MUESTRAS.pdf>
- NTE INEN 974. (08 de 2016). *AGUA POTABLE - DETERMINACIÓN DE LA DUREZA TOTAL POR TITULACIÓN CON EDTA*. Obtenido de <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-974-AGUA-POTABLE.-DETERMINACION-DE-LA-DUREZA-TOTAL-POR-TITULACION-CON-EDTA.pdf>
- NTE INEN 979. (1984). *NTE INEN 0979 Agua potable. Determinación del hierro*. Obtenido de <https://archive.org/details/ec.nte.0979.1984/page/n5>
- NTE INEN 983 . (1984). *NTE INEN 0983: Agua potable- Determinación de cromo* . Obtenido de <https://archive.org/details/ec.nte.0983.1984/page/n1>
- OMS. (2003). Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (2006). Guías para la calidad del agua potable. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (7 de 2 de 2018). *Agua y Salud* . Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- OPS. (Lunes de 06 de 2016). *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente*. Obtenido de [www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/0gral/078\\_guia\\_alcaldes\\_SB/Guia\\_alc](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/0gral/078_guia_alcaldes_SB/Guia_alc)
- Orellana, J. (2005). *Conducción de aguas- Ingeniería Sanitaria UTN-FRRO*. Obtenido de [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_07\\_Conduccion\\_de\\_las\\_Aguas.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_07_Conduccion_de_las_Aguas.pdf)

- Organización Mundial de la Salud (OMS). (22 de Agosto de 2006). *Guías de la Calidad del Agua potable de la OMS*. Obtenido de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwg/gdwq\\_es\\_.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwq_es_.pdf)
- Organización Panamericana de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Washington, DC.
- Peña, E. (2007). *Calidad de Agua Trabajo de Investigación Oxígeno Disuelto (OD)*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ing. En Auditoria y Control de Gestión .
- PNBV. (2017). *Plan Nacional Para El Buen Vivir*. Obtenido de <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/09/Plan-Nacional-para-el-Buen-Vivir-2017-2021.pdf>
- Rojas, J. A. (2009). *Calidad del Agua*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero, J. (2009). *Calidad del Agua*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería Ambiental.
- Romero, J. A. (2013). *Calidad del Agua* . Bogotá: Escuela Colombiana de Ingenieros .
- Ruiz, N. E. (12 de 2007). *A review of physical-chemical parameters as water quality and contamination indicators*.
- Sánchez, R. (2015). Evaluación de las áreas bajo riego afectadas por salinidad y/o sodicidad en Argentina. Buenos Aires, Argentina: Universidad Autónoma de Argentina.
- Segrelles, J. A. (1 de 07 de 2001). *PROBLEMAS AMBIENTALES, AGRICULTURA Y GLOBALIZACIÓN EN AMÉRICA LATINA*. Obtenido de <http://www.ub.edu/geocrit/sn-92.htm#Inicio>
- Sereviche Sierra, C. A. (2013). *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas*. Obtenido de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>
- Severiche Sierra. (2013). *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/270891753\\_MANUAL\\_DE\\_METODO\\_S\\_ANALITICOS\\_PARA\\_LA\\_DETERMINACION\\_DE\\_PARAMETROS\\_FISICOQUIMICOS\\_BASICOS\\_EN\\_AGUAS](https://www.researchgate.net/publication/270891753_MANUAL_DE_METODO_S_ANALITICOS_PARA_LA_DETERMINACION_DE_PARAMETROS_FISICOQUIMICOS_BASICOS_EN_AGUAS) En\_Espana\_2013\_eumednet\_ISBN\_ISB N-13\_978-84-1577\_v\_0\_pags\_101\_httpwwwweumednetlibros-gratis2013a1326in
- Sosa, R. (2004). *El sistema de agua y sus componentes* . Guatemala: Unidad Ejecutora Programa Acueductos Rurales Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social .
- Standar Methods, S. M. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Madrid: Juan Bravo, 3- A.
- Standard Methods. (2017). *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*. Madrid: American Public Health Association.
- Sumas. (2006). *Analisi de Agua Alcalinidad*. Munich, Alemania: Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento.

- Sumass . (2006). *Analisi de Agua Alcalinidad* . Munich, Alemania: Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento.
- TLV. (2016). *Global Steam Theory Valves*. Obtenido de [https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/bypass-valves.html#toc\\_1](https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/bypass-valves.html#toc_1)
- Toaquiza, J. (2010). *Tuberías y accesorios de PVC, PE, BD*. Obtenido de <https://plastigama.com/wp-content/uploads/2018/09/Tuberi%CC%81as-y-accesorios-de-PVC-y-PE-BD-uso-agri%CC%81cola.pdf>
- TULSMA. (2015). *Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso agua* .
- United States Enviromental Protection Agency (EPA). (March de 2016). *Introduction of pH*. Obtenido de [https://www3.epa.gov/caddis/ssr\\_ph\\_int.html](https://www3.epa.gov/caddis/ssr_ph_int.html)
- Varón, J. (2011). *Manual de intrucciones para la toma, preservación y trasporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio*. Obtenido de <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2011%20Manual%20toma%20de%20muestras%20agua.pdf>
- Victor Talavera. (2003). *Influencia del pH sobre los organismos acuáticos*. Cali: Universidad Santiago de Cali.

## 7 Anexos

### ANEXO 1: MUESTREO EN PUNTOS SELECCIONADOS



**Figura 59 Muestreo en el P1  
Pretratamiento (Serpentín)**



**Figura 60 Muestreo en el P2  
Reservorio 1**



**Figura 61 Muestreo en el P3  
Reservorio 2**

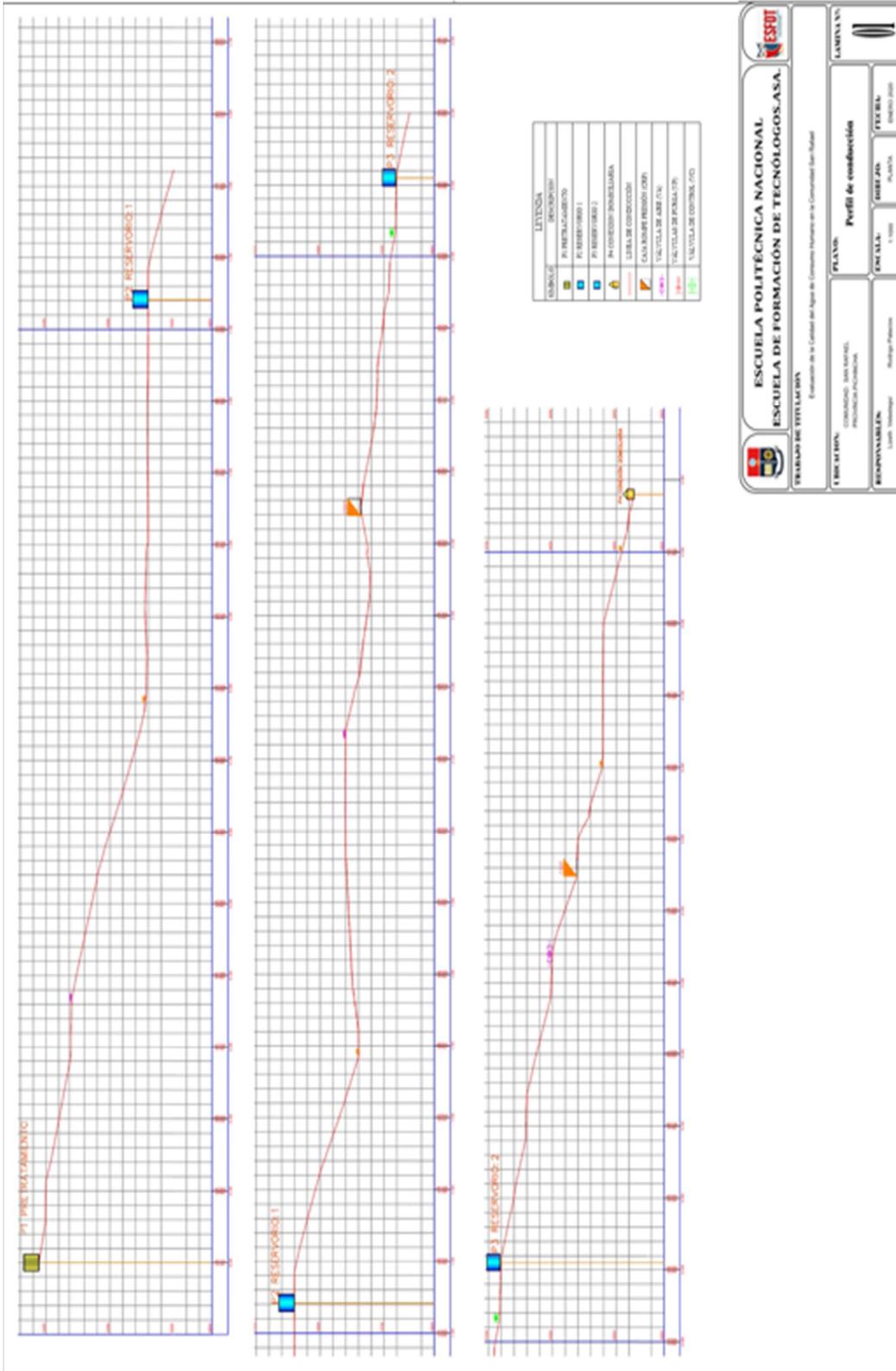


**Figura 62 Muestreo en la  
Conexión Domiciliaria**

## ANEXO 2: FORMATO DE ENCUESTA

ENCUESTA SOCIOECONÓMICA PARA LA COMUNIDAD DE SAN RAFAEL			
DATOS DEL INFORMANTE			
Edad:	Instrucción académica:	Tiempo que vive en el sector:	
DATOS DE LA VIVIENDA Y SERVICIOS BÁSICOS (Marque con una X)			
<b>1 ¿Cuáles son los principales combustibles o energías que utiliza para cocinar?</b>			
1. Gas (tanque o cilindro) <input type="checkbox"/>	2. Leña / carbón <input type="checkbox"/>	3. Otro <input type="checkbox"/>	
<b>2 ¿Actualmente se encuentra trabajando?</b>			
1. Si <input type="checkbox"/>	2. No <input type="checkbox"/>		
<b>3 ¿Recibe actualmente ayuda económica del estado (Bono de Desarrollo Humano)?</b>			
1. Si <input type="checkbox"/>	2. No <input type="checkbox"/>	3. Especifique	
<b>4 ¿Usted posee cultivos en su vivienda?</b>			
1. Si <input type="checkbox"/>	2. No <input type="checkbox"/>		
<b>5 ¿Cuál es la actividad económica que realiza?</b>			
1. Ganadería	2. Agricultura	3. Compra y venta de productos	4. Otros
<b>6 ¿Toma usted medidas preventivas antes de consumir el agua?</b>			
1. Si <input type="checkbox"/>	2. No <input type="checkbox"/>		
CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA			
<b>7 ¿El servicio sanitario que usted utiliza es?</b>			
1. No tiene servicio sanitario	2. Letrina	3. Inodoro conectado a pozo séptico	4. Inodoro conectado a alcantarillado
<b>8 ¿Cómo se elimina la basura de la vivienda?</b>			
1. Carro recolector	2. Arrojan en terreno baldío/quebrada	3. La queman	4. La entierran
<b>9 ¿De dónde proviene el servicio de energía eléctrica (luz) que utiliza en su vivienda?</b>			
1. Red empresa eléctrica (servicio público)	2. Generador de luz	3. Vela u otro	
<b>10 ¿Cuál es el medio de transporte para movilizarse dentro y fuera de la zona?</b>			
1. Transporte público	2. Vehículo propio	3. Motocicleta	4. Servicio de camioneta





**ESCUOLA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**ESCUOLA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS-ASA**

Escuela de la Calidad del Agua de Consumo Humano en la Comunidad San Rafael

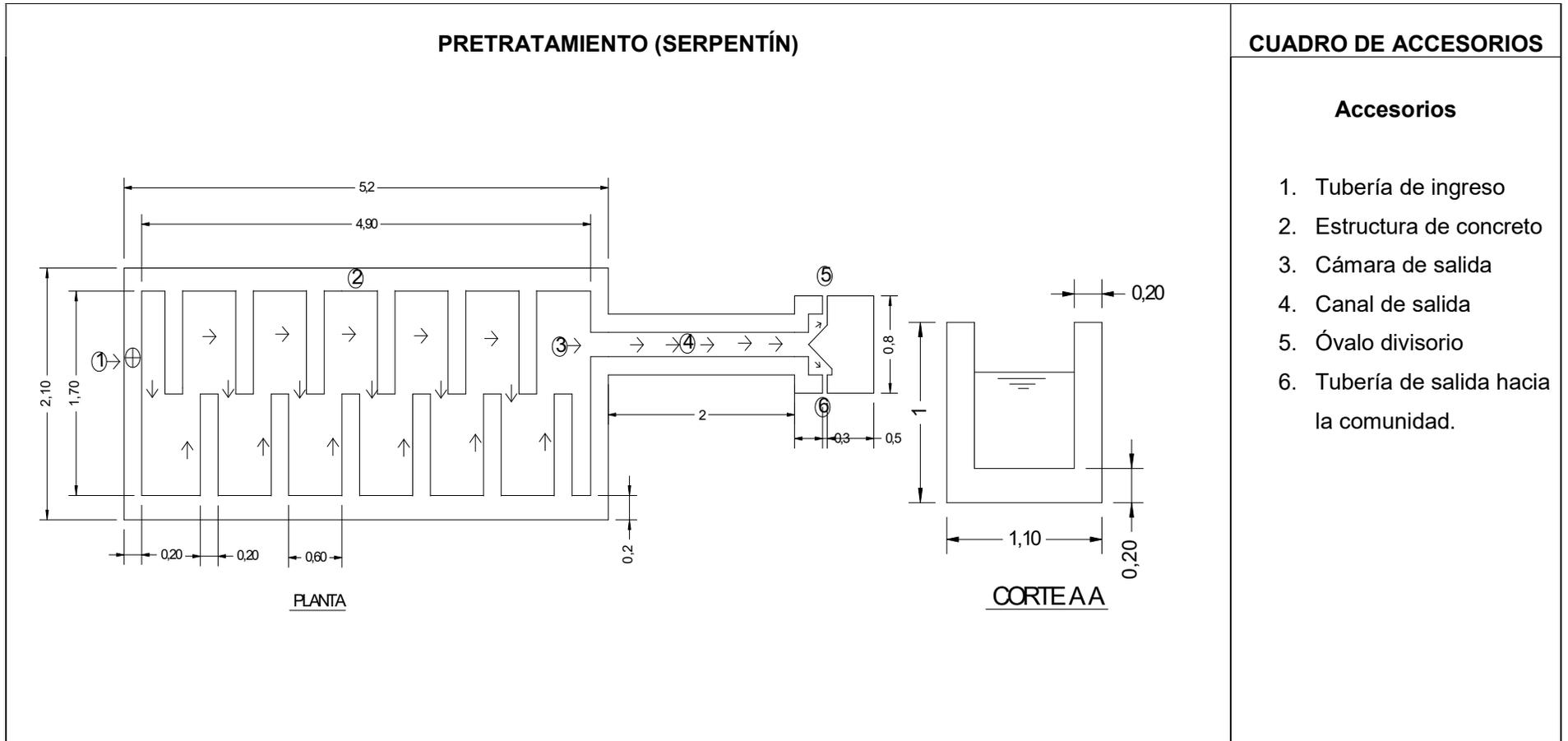
---

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

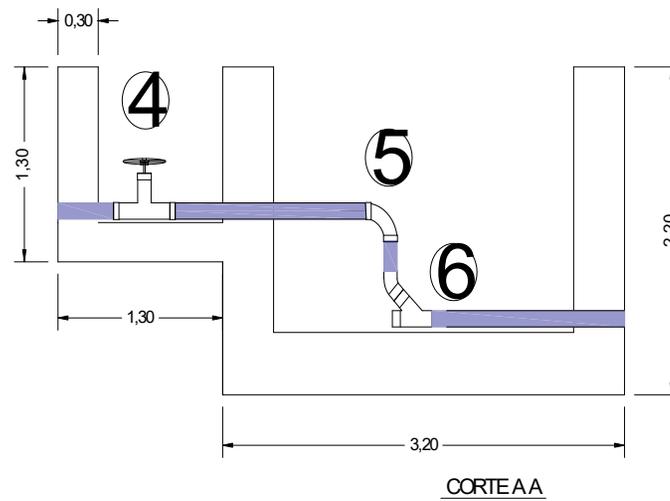
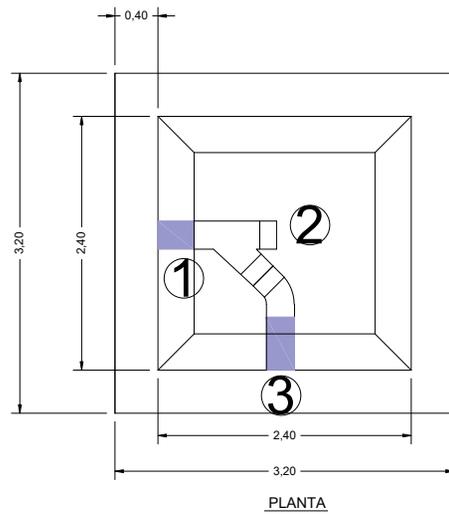
---

<b>UBICACIÓN:</b> CARRANZA, SAN RAFAEL, PROVINCIA PASTAZA	<b>PLANTA:</b> Perfil de construcción	<b>LÁMINA N.º:</b> 01	<b>FECHA:</b> 10/03/2019
<b>RESPONSABLE:</b> Luisa Velázquez	<b>ELABORADO:</b> Luisa Velázquez	<b>REVISADO:</b> PLANTA	<b>FECHA:</b> 10/03/2019

**ANEXO 4: DISEÑO DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO**



## TANQUE DE RECOLECCIÓN DE LODOS

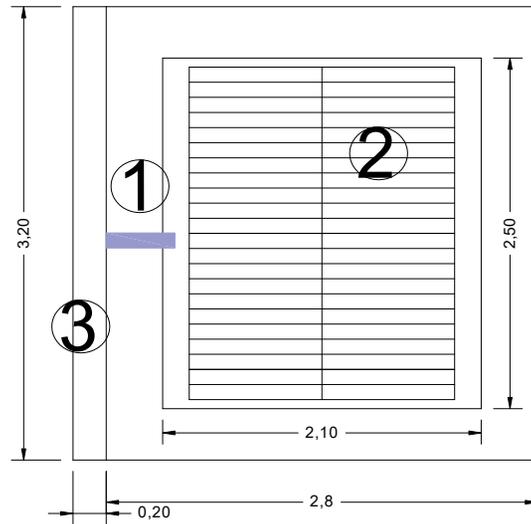


## CUADRO DE ACCESORIOS

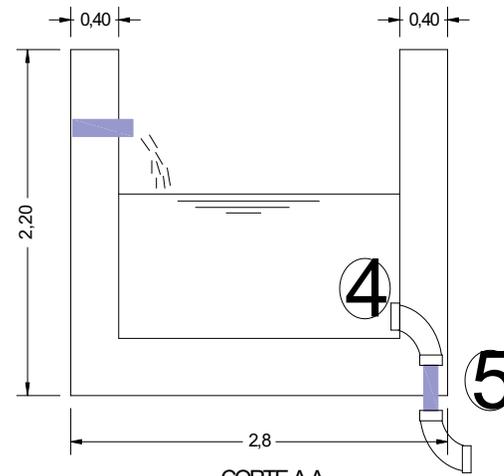
### Accesorios

1. Tubería de ingreso
2. Accesorio en (Y)
3. Tubería de salida
4. Válvula de mariposa
5. Accesorio (codo)
- Accesorio en (Y)

## TANQUE DE LLEGADA



PLANTA



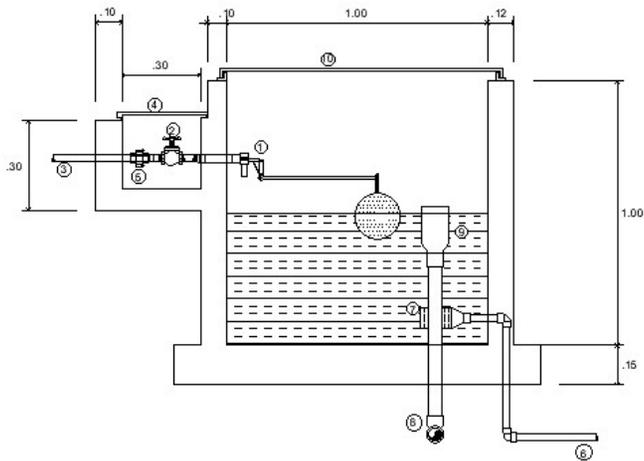
CORTE AA

## CUADRO DE ACCESORIOS

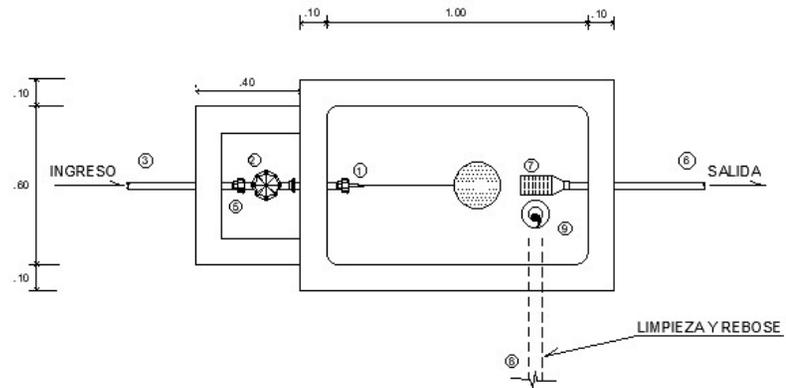
### Accesorios

1. Tubería de ingreso
2. Rejillas
3. Tapa metálica
4. Tubería de salida
5. Accesorio (codo)

## CÁMARA ROMPE PRESIÓN



CORTE A-A



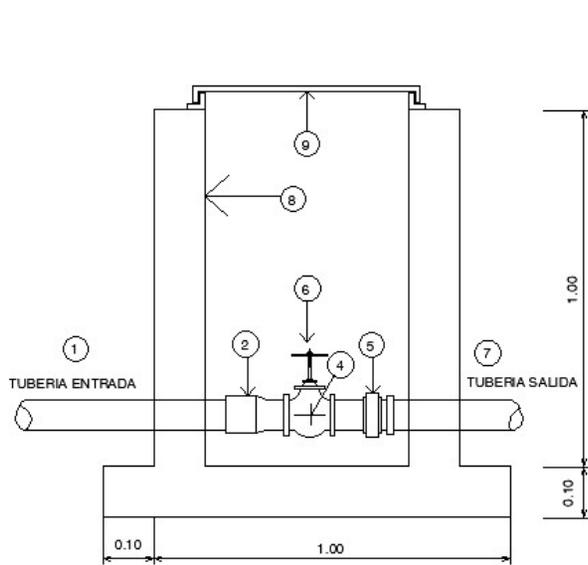
PLANTA

## CUADRO DE ACCESORIOS

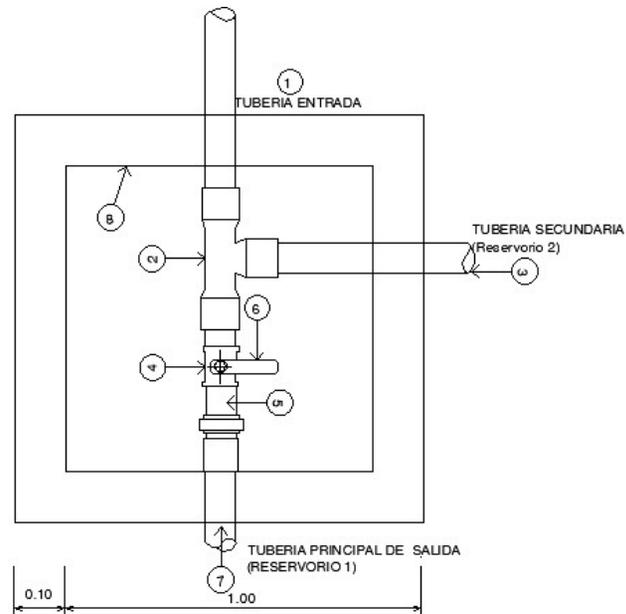
### Accesorios

1. Válvula Flotadora
2. Válvula de Control
3. Tubería de ingreso
4. Tapa Metálica Hermética
5. Unión Universal
6. Tubería de Salida
7. Canastilla de PVC
8. Tubería de rebose y limpia
9. Cono de Rebose
10. Tapa Metálica Hermética de Inspección

## VÁLVULA DE BYPASS



CORTE AA

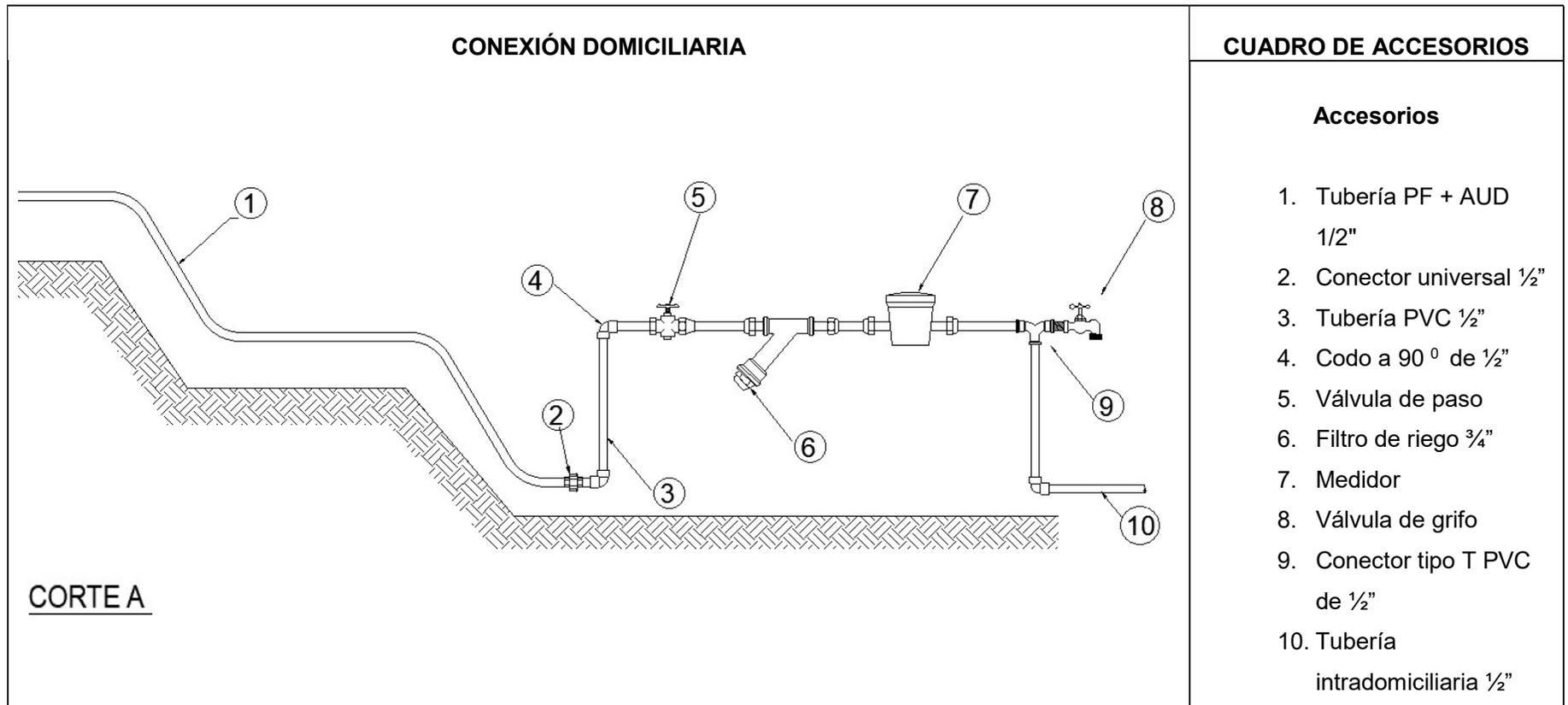


PLANTA

## CUADRO DE ACCESORIOS

### Accesorios

1. Tubería de entrada PVC
2. Diseño de 3 vías vertical o horizontal T de PVC
3. Tubería secundaria PVC
4. Válvula de control
5. Unión roscada resistente y reforzada.
6. Manija de Polipropileno
7. Tubería principal de salida
8. Material-hormigón simple
9. Tapa metaliza hermética



**ANEXO 5: FORMATOS DE REGISTRO DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO**

JUNTA DE AGUA SAN RAFAEL FORMATO DE REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO															
DATOS GENERALES															
Fecha: _____ Época del año: _____						Hora de visita: _____ Condiciones climáticas: _____									
Nombre de la estructura: Pre Tratamiento (Desarenador)															
INTERVENCIONES REALIZADAS DE MANTENIMIENTO															
Tipo de mantenimiento: Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo <input type="checkbox"/>															
Nº	Problema		Acción		Actividades		Recursos		Frecuencia						
1									<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2									Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual		
3															
4															
INSPECCIÓN															
Actividad: _____ Fecha: _____ Frecuencia: <u>      </u> Semana Nro. Lun Mar Mier Jue Vie Sab <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				Código de la Pieza: _____ Cambio de Piezas: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Descripción de la Actividad: _____				Herramientas Utilizadas: _____ Tiempo Fuera de Servicio: _____				Observaciones: _____ _____			
Estado del material de la estructura ( B = Bueno R = Regular M = Malo)															
Tapa Hermética Material:			Material de Construcción del Pre Tratamiento (Desarenador)						Cerco Perimétrico		Observaciones:				
Metal		Concreto		Altura total del agua		Estado		B	R	M	B	R	M		
B	R	M	B	R	M	Espesor de la pared		Concreto							
						Borde libre		Hormigón							
						Metal									
CONTROL DE VÁLVULAS															
Fecha	Tipo de Válvula	Código	Estado de la Válvula			Dirección de Giro		Descripción de Actividades Realizadas	Observaciones						
			B	R	M										
DATOS DEL RESPONSABLE															
Nombre: _____ Cargo: _____ Dirección: _____ Teléfono: _____						_____ Firma del Responsable									

JUNTA DE AGUA SAN RAFAEL FORMATO DE REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO													
DATOS GENERALES													
Fecha: _____ Época del año: _____					Hora de visita: _____ Condiciones climáticas: _____								
Nombre de la estructura: Reservoirio					Uso del reservorio: Consumo <input type="checkbox"/> Riego <input type="checkbox"/>								
INTERVENCIONES REALIZADAS DE MANTENIMIENTO													
Tipo de mantenimiento: Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo <input type="checkbox"/>													
Nº	Problema	Acción	Actividades	Recursos	Frecuencia								
1					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
2					Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual				
3													
4													
INSPECCIÓN													
Actividad: _____ Fecha: _____ Frecuencia: <u>      </u> Semana Nro. Lun Mar Mier Jue Vie Sab <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			Código de la Pieza: _____ Cambio de Piezas: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Descripción de la Actividad: _____ _____			Herramientas Utilizadas: _____ _____				Tiempo Fuera de Servicio: _____			
Estado del material de la estructura ( B = Bueno R = Regular M = Malo)													
Tapa Hermética Material:		Material de Construcción del Reservorio						Cerro Perimétrico	Observaciones:				
Metal		Concreto		Material		B	R	M	B	R	M		
B	R	M	B	R	M								
CONTROL DE VÁLVULAS													
Fecha	Tipo de Válvula	Código	Estado de la Válvula			Dirección de Giro		Descripción de Actividades Realizadas	Observaciones				
			B	R	M								
DATOS DEL RESPONSABLE													
Nombre: _____ Cargo: _____ Dirección: _____ Teléfono: _____					Firma del Responsable								

JUNTA DE AGUA SAN RAFAEL FORMATO DE REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO																	
DATOS GENERALES																	
Fecha: _____ Época del año: _____						Hora de visita: _____ Condiciones climáticas: _____											
Nombre de la estructura: Cámara Rompe Presión																	
INTERVENCIONES REALIZADAS DE MANTENIMIENTO																	
Tipo de mantenimiento: Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo <input type="checkbox"/>																	
Nº	Problema			Acción			Actividades			Recursos			Frecuencia				
1													<input type="checkbox"/>				
2													Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
3																	
4																	
INSPECCIÓN																	
Actividad: _____ Fecha: _____ Frecuencia: <u>      </u> Semana Nro. Lun Mar Mier Jue Vie Sab <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				Código de la Pieza: _____ Cambio de Piezas: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Descripción de la Actividad: _____ _____				Herramientas Utilizadas: _____ _____				Tiempo Fuera de Servicio: _____ _____					
Estado del material de la estructura ( B = Bueno R = Regular M = Malo)																	
Tapa Hermética Material:			Material de Construcción de la Cámara Rompe Presión						Cerro Perimétrico			Observaciones: _____ _____ _____					
Metal		Concreto		Altura total del agua		Estado		B	R	M	B	R	M				
B	R	M	B	R	M	Espesor de la pared		Concreto									
						Borde libre		Hormigón									
						Metal											
CONTROL DE VÁLVULAS																	
Fecha	Tipo de Válvula	Código	Estado de la Válvula			Dirección de Giro		Descripción de Actividades Realizadas	Observaciones								
			B	R	M												
DATOS DEL RESPONSABLE																	
Nombre: _____ Cargo: _____ Dirección: _____ Teléfono: _____								_____ Firma del Responsable									

JUNTA DE AGUA SAN RAFAEL FORMATO DE REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO																	
DATOS GENERALES																	
Fecha: _____ Época del año: _____						Hora de visita: _____ Condiciones climáticas: _____											
Nombre de la estructura: Válvula de Purga																	
INTERVENCIONES REALIZADAS DE MANTENIMIENTO																	
Tipo de mantenimiento: Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo <input type="checkbox"/>																	
Nº	Problema			Acción			Actividades			Recursos			Frecuencia				
1													<input type="checkbox"/>				
2													Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
3																	
4																	
INSPECCIÓN																	
Actividad: _____ Fecha: _____ Frecuencia: <u>      </u> Semana Nro. Lun Mar Mier Jue Vie Sab <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				Código de la Pieza: _____ Cambio de Piezas: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Descripción de la Actividad: _____ _____				Herramientas Utilizadas: _____ _____				Tiempo Fuera de Servicio: _____ _____					
Estado del material de la estructura ( B = Bueno R = Regular M = Malo)																	
Tapa Hermética			Material de Construcción de la Válvula de Purga						Cerro Perimétrico			Observaciones:					
Material:																	
Metal			Concreto			Altura total del agua			Estado			B	R	M	B	R	M
B	R	M	B	R	M	Espesor de la pared			Concreto								
						Borde libre			Hormigón								
									Metal								
CONTROL DE VÁLVULA DE PURGA																	
Fecha	Tipo de Válvula	Código	Estado de la Válvula			Dirección de Giro		Descripción de Actividades Realizadas	Observaciones								
			B	R	M												
DATOS DEL RESPONSABLE																	
Nombre: _____ Cargo: _____ Dirección: _____ Teléfono: _____									_____ Firma del Responsable								

JUNTA DE AGUA SAN RAFAEL FORMATO DE REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO											
DATOS GENERALES											
Fecha: _____ Época del año: _____					Hora de visita: _____ Condiciones climáticas: _____						
Nombre de la estructura: Conexión Domiciliara											
INTERVENCIONES REALIZADAS DE MANTENIMIENTO											
Tipo de mantenimiento: Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo <input type="checkbox"/>											
Nº	Problema	Acción	Actividades	Recursos	Frecuencia						
1					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2					Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual		
3											
4											
INSPECCIÓN											
Actividad: _____ Fecha: _____ Frecuencia: <u>      </u> Semana Nro. Lun Mar Mier Jue Vie Sab <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			Código de la Pieza: _____ Cambio de Piezas: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Descripción de la Actividad: _____ _____			Herramientas Utilizadas: _____ _____				Tiempo Fuera de Servicio: _____ _____	
Observaciones: _____ _____											
Estado del material de la estructura ( B = Bueno R = Regular M = Malo)											
CARACTERISTICAS DE LA CONEXIÓN DOMICILIARIA					E s t a d o			Observaciones:			
Nº	Accesorios	Material	Diámetro	Tipo	B	R	M	B	R	M	
1											
2											
3											
4											
CONTROL DEL FILTRO DE SEDIMENTOS EN LA CONEXIÓN DOMICILIARIA											
Fecha	Tipo de Filtro	Código	Presencia de sedimentos		Dirección de Giro		Descripción de Actividades Realizadas	Observaciones			
			Si	No							
DATOS DEL RESPONSABLE											
Nombre: _____ Cargo: _____ Dirección: _____ Teléfono: _____					Firma del Responsable _____						

**ANEXO 6: FICHA DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN**

FICHA PARA LA LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN EN LA COMUNIDAD SAN RAFAEL																		
ACTIVIDADES	FRECUENCIA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	junio	julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Monto Total	RESPONSABLES	EQUIPO Y MATERIALES	FIRMA	
<b>LIMPIEZA</b>	<b>TRIMESTRAL</b>														<b>Consejo directivo y usuarios</b>	<b>Limpieza externa</b> (palas, picos,rastrillo, etc.) <b>Limpieza Interna</b> (baldes, trapos, escobillas)		
Captación		X			X			X			X							
Pretratamiento		X			X			X			X							
Línea de Conducción		X			X			X			X							
Accesorios,CRP, Válvulas		X			X			X			X							
Reservorios		X			X			X			X							
Red de Distribución		X			X			X			X							
<b>DESINFECCIÓN</b>	<b>TRIMESTRAL</b>														<b>Consejo directivo y usuarios</b>	<b>Equipo de protección personal</b> (máscara, guantes, lentes de protección, botas, overol.) <b>Materiales y Herramientas</b> (baldes, cloro, escobas, escalera manual, escobillas)		
Captación		X			X			X			x							
Pretratamiento		X			X			X			X							
Línea de Conducción		X			X			X			X							
Accesorios,CRP, Válvulas		x			X			X			X							
Reservorios		X			X			X			X							
Red de Distribución		x			x			x			X							

**ANEXO 7: FICHA DE MEJORAS**

FICHA DE MEJORAS EN LA COMUNIDAD SAN RAFAEL								
MEJORAS A SER IMPLEMENTADAS	ACTIVIDADES	PLAZOS			FUENTE DE FINANCIAMIENTO	RESPONSABLES	CARGO	FIRMA
		TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL				

## ANEXO 8. SOCIALIZACION



Figura 63 Plataforma de video llamadas “Zoom”

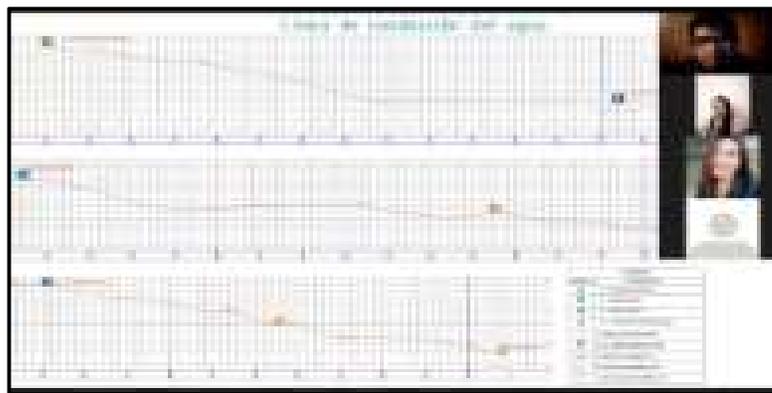


Figura 64 Socialización del proyecto