

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE SAN ANTONIO DE PUNQUE, QUIROGA.

CALIDAD DE AGUA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGA SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

MICHELLE ESTEFANIA NARVÁEZ GUEVARA

DIRECTOR: EDUARDO MAURICIO VÁSQUEZ FALCONES

DMQ, febrero de 2022

CERTIFICACIONES

Yo, Michelle Estefanía Narváez Guevara declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Michelle Estefanía Narváez Guevara
michelle.narvaez@epn.edu.ec
michellenarvaez57@yahoo.es

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Michelle Estefanía Narváez Guevara, bajo mi supervisión.

Ing. Eduardo Vásquez

DIRECTOR

eduardo.vasquez@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.



Michelle Estefanía Narvárez Guevara

DEDICATORIA

El presente proyecto de tesis dedico con todo mi corazón y amor, a Dios por darme vida y salud, a mi madre Anabela, a mi padre Fernando, que siempre me apoyaron incondicionalmente tanto en lo moral como en lo económico para alcanzar a ser alguien exitosa en la vida, motivándome para alcanzar mis sueños, a mis hermanitos Israel y Mabel que son alguien indispensable en mi vida, apoyándome siempre, dándome ánimos de ñaña tú puedes, a mis hijas amadas Darlita y Danita que son el pilar fundamental de mi vida y por ellas y para ellas siempre lo mejor, a mis tíos Merli, Magaly, Isabel, Denise, Amílcar, Víctor, Cristian y Diego que con un granito de arena vieron el proceso de este gran transcurso en mi vida universitaria, a mi amor Sebastián que a pesar de todo proceso de vida siempre estuvo apoyándome para lograr esta meta para nuestro futuro, y en especial a mi abuelita Rosario que está en el cielo por todo el cariño y todas las bendiciones que me brindas, te extraño y amare por siempre, me haces tanta falta, pero aquí esta tu regalo mi graduación, como siempre me quisiste ver.

Este logro es para ustedes, PAPI, MAMI, ÑAÑITOS, HIJAS, ABUE, LO LOGRAMOS.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por tenerme con vida y brindarme de muchas bendiciones para culminar mis estudios de la mejor manera.

A la Escuela Politécnica Nacional, siendo la mejor Universidad del mundo para abrir puertas de por sus excelentes servicios educacionales a estudiantes que los necesitan.

A la facultad ESFOT por haberme brindado esta gran oportunidad de ser parte de su formación académica profesional.

Al Ing. Eduardo Vázquez MsC, por todos los conocimientos brindados en este proceso del proyecto de titulación, así como también la paciencia y apertura total a cualquier inquietud para esta elaboración, siendo el mejor profe del mundo.

Al Ing. Santiago Guerra quien fue mi inge de toda la vida, por sus conocimientos y apertura cualquier pregunta, gracias por el apoyo.

Al CICAM por haber accedido a la colaboración de análisis de muestras, sin embargo, el mejor laboratorio.

A mis ahora amigas Gis, y Jos quienes han estado en este proceso de titulación desde el inicio, mil gracias.

Y como olvidar a mis amigas desde el inicio de Carrera Belén y Adri que hasta la actualidad siempre han estado presentes en mi vida académica y por todas las locuras en nuestra vida académica, las quiero.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIONES.....	2
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE.....	12
1.1 Objetivo general	13
1.2 Objetivos específicos	13
1.3 Alcance	13
1.4 Marco teórico	14
1.4.2 Agua cruda.....	14
1.4.3 Agua potable	14
1.4.4 Contaminación del agua	15
1.4.5 Parámetros a medir	15
1.4.7 ICA.....	16
1.4.8 Normativa	17
1.4.9 Características del agua.....	17
1.4.10 Operaciones unitarias de tratamiento.....	17
2 METODOLOGÍA.....	18
2.1 Levantamiento de información.....	18
2.1.1 Visita técnica	18
2.1.2 Encuestas.....	19
2.1.3 Puntos Georreferenciados de muestreo.	19
2.2 Evaluación de la calidad de agua del sistema de abastecimiento.....	19
2.2.1 Plan de muestreo	20
2.2.2 Muestreo análisis in-situ	20
2.2.3 Materiales y equipos utilizados.....	20
2.2.4. Análisis in-situ.....	23
2.2.5 Análisis de laboratorio	23
2.2.6 Comparación de resultados.....	26
2.2.7 Índice de Calidad de Agua.....	26
2.3 Propuestas de mejora al sistema de tratamiento.....	29

2.3.1	Hipoclorador por goteo.....	29
2.4	Socialización del proyecto con la comunidad.....	33
3	RESULTADOS.....	33
3.1	Levantamiento de información.....	33
3.1.1	Localización.....	33
3.1.2	Clima.....	33
3.1.3	Población.....	33
3.1.4	Información del Sistema de Abastecimiento de Agua actual.....	34
3.2	Evaluación de la calidad de agua del sistema de abastecimiento.....	34
3.2.1	COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON NORMA VIGENTE.....	37
PUNTO DE MUESTREO, PLANTA DE TRATAMIENTO:	.....	37
3.2.2	PUNTO DE MUESTREO, TANQUE DE DISTRIBUCIÓN:.....	39
3.2.3	Índice de calidad de agua.....	41
3.3	Propuesta de mejora de calidad de agua.....	43
3.3.1	Hipoclorador por goteo.....	46
3.4	Sociabilización del proyecto con la comunidad.....	48
4	CONCLUSIONES.....	49
5	RECOMENDACIONES.....	50
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
	ÍNDICE.....	13
	RESUMEN.....	14
	INTRODUCCIÓN.....	15
Objetivo general	.....	16
Objetivos específicos	.....	16
	METODOLOGÍA.....	16
Visita técnica.....	16	
Encuestas.....	16	
Plan de muestreo	.....	17
Análisis in-situ.	.....	17
Análisis de laboratorio:	.....	18
Propuestas de mejoramiento a la calidad del agua.	.....	20
Hipoclorador por goteo.	.....	21
	RESULTADOS.....	21
Localización.	.....	21
Evaluación de la calidad de agua del sistema de abastecimiento.....	22	
COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON NORMA VIGENTE.....	25	

PUNTO DE MUESTREO, PLANTA DE TRATAMIENTO:	25
PUNTO DE MUESTREO, TANQUE DE DISTRIBUCIÓN:.....	27
Índice de calidad de agua.....	29
Propuesta de mejora de calidad de agua.	31
Socialización del proyecto con la comunidad.....	34
CONCLUSIONES	35
RECOMENDACIONES	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros a medir.....	15
Tabla 2 Ponderación de Calidad de Agua.....	17
Tabla 3 Materiales y equipos utilizados.....	21
Tabla 4 Ensayos de laboratorio.	24
Tabla 5 Tabla 6.4 Valor de K para plantas con eliminación menor del 90%.	29
Tabla 6 Análisis In-situ, Planta de tratamiento.....	38
Tabla 7 Análisis en laboratorio, Planta de tratamiento.	38
Tabla 8 Análisis In-situ, Tanque de distribución.	40
Tabla 9 Análisis de laboratorio, Tanque de distribución.....	40
Tabla 10 ICA, Planta de tratamiento.....	41
Tabla 11 ICA, Tanque de distribución.....	42
Tabla 12 Propuesta Operaciones unitarias.....	44
Tabla 13 Resultados del Hipoclorito.....	48
Tabla 14 Ensayos de laboratorio.	19
Tabla 15 Análisis In-situ, Planta de tratamiento.	25
Tabla 16 Análisis en laboratorio, Planta de tratamiento.	26
Tabla 17 Análisis In-situ, Tanque de distribución.	27
Tabla 18 Análisis de laboratorio, Tanque de distribución.....	28
Tabla 19 ICA, Planta de tratamiento.....	29
Tabla 20 ICA, Tanque de distribución.....	30
Tabla 21 Propuesta Operaciones unitarias.....	31

RESUMEN

El presente proyecto de titulación valora la calidad de agua para el dispendio del recurso hídrico en la comunidad de San Antonio de Pungue, inicia con la primera visita técnica para la recopilación de datos e información base, además se realizó levantamiento de puntos georreferenciados para conocer los puntos a muestrear.

Los lugares de muestreo fueron: captación, planta de tratamiento y tanque de distribución, después se procedió a realizar los análisis in-situ en dichos puntos, se analiza parámetros de temperatura, oxígeno disuelto, turbidez, pH, color, olor, sabor, conductividad eléctrica, medición de caudales.

Después de los análisis in-situ en una segunda visita técnica con la obtención de datos realizados se presentó una encuesta a los moradores la cual contiene preguntas que se adaptan a la realidad de la población para conocerla percepción en cuanto conocen del agua.

Una vez realizadas las encuestas con el permiso la junta de agua de la colectividad se procedió a la recolección de muestras con base en el plan de muestreo realizado, para realizar los análisis en laboratorio tomando consideraciones de almacenamiento, etiquetado, temperatura, transporte, entre otras.

Una vez analizados todos los parámetros del sistema se procedió a comparar los rangos en base a la normativa INEN 1108:2011 y el Libro VI, Anexo I del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, determinando que el agua contiene una gran cantidad de coliformes fecales según los datos procesados y esta no está en dentro de los rangos normados.

Con estos datos se procedió a realizar las propuestas para el plan de mejora como la limpieza total del sistema, implementación del hipoclorador por goteo para darle un tratamiento de desinfección económico y sobre todo de calidad para que el agua sea consumida.

Al final se realizó la exposición de una mención técnica en la cual se encuentran los resultados de los análisis de muestras y propuestas a la comunidad de San Antonio de Pungue para llevar a cabo la implementación de estas mejoras.

PALABRAS CLAVE: calidad, consumo, muestreo, parámetros, normativa, hipoclorador.

ABSTRACT

The present titling project is to determine the quality of water for consumption in the community of San Antonio de Pungue, which begins with the first technical visit for the collection of data and basic information, as well as a survey of georeferential points to determine the points to be sampled.

The sampling points were the catchment, treatment plant and distribution tank, after which in-situ analyses were carried out at these points, sampling parameters such as temperature, dissolved oxygen, turbidity, pH, color, odor, taste, electrical conductivity, flow measurement, etc.

After the in-situ analysis in a second technical visit with the collection of data, a survey was presented to the residents containing questions that are adapted to the reality of the population to know the current conditions in which they live.

Once the surveys were carried out with the permission of the community water board, samples were collected based on the sampling plan to carry out the laboratory analysis, taking into account storage, labeling, temperature, transport, and other considerations.

Once all the parameters in the system were analyzed, we proceeded to compare the ranges based on INEN 1108:2011 and Book VI Annex I of the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of Environment, determining that the water contains a large amount of fecal coliforms according to the processed data and that it is not within the ranges.

With this data, we proceeded to make proposals for the improvement plan such as the implementation of a drip hypochlorinator to provide an economical disinfection treatment and, above all, quality water for consumption.

At the end of the analysis of samples and proposals are presented to the community of San Antonio de Pungue to carry out the implementation of the plan.

KEYWORDS: quality, consumption, sampling, parameters, regulations, hypochlorinator.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE

El agua es un componente esencial y necesario para la vida, esta se usa para preparar alimentos, para beberla, para regar cultivos, entre otros, este suministro es accesible para cualquier persona, así como también proporciona habitualmente su consumo y requiere de procesos de potabilización para no causar daño a la vida y salud humana. A lo largo del tiempo se da a conocer que el 71% del ámbito del planeta está revestida de agua, en donde 0,75% que corresponde a 8 millones de km³ es solo de agua dulce, se divide tanto en aguas superficiales y subterráneas, mientras el 0,2% se conoce que flota en la atmósfera. [1]

El agua es conocida como el “oro azul” debido a los problemas por escasez del recurso hídrico por el mundo, ya que la tierra está concertada por un 3% de agua dulce y un 97% de agua salada, en donde el 2% se encuentra en estado sólido en los glaciares y solo el 1% se encuentra superficialmente. [2]

El agua para consumo humano debe ser sin riesgo, es decir, que su consumo, no ocasione ningún riesgo para la salud o perjudique la vida diaria de las personas. El agua debe ser completamente adecuada para todos los usos habituales en cada día, así como también se incluye la higiene o el saneamiento. Las personas pueden ser más o menos vulnerables dependiendo de donde se encuentren o en qué calidad de vida estén, entonces las personas pueden presentar un completo riesgo para contraer enfermedades que son transmitidas por el agua, debemos tener cuidado en especial con seres que recién van a ver la vida como son los lactantes y los niños de mínima edad, así como también las personas con enfermedades graves o que viven en condiciones antihigiénicas. [3]

San Antonio de Punge, es una comunidad rural indígena, perteneciente a la Parroquia de Quiroga en Imbabura, la misma tiene un sistema de gravedad de agua entubada que es conducida desde la fuente natural hasta un tanque de distribución para su consumo.

El presente proyecto trae como fin una propuesta para el progreso en la calidad del agua, técnicas de potabilización y el manejo del agua segura en el consumo de esta en la comunidad San Antonio de Punge, Quiroga, además se presenta propuestas de tratamiento para el consumo humano y finalmente la vinculación con la entidad para satisfacer las necesidades básicas hídricas en la zona.

1.1 Objetivo general

Desarrollar una propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua para la comunidad San Antonio de Pungue, Quiroga.

1.2 Objetivos específicos

1. Levantar información base del proyecto.
2. Evaluar la calidad del agua del sistema de abastecimiento.
3. Proponer posibles sistemas de tratamiento o mejoras a los sistemas actuales para mejorar la calidad del agua.
4. Socializar el proyecto con la comunidad.

1.3 Alcance

El presente proyecto se ejecutará en distintas fases, para la obtención de información base del proyecto se realizarán visitas técnicas para el levantamiento de puntos georreferenciados, así como también conocer los puntos a muestrear siguiendo el plan de muestreo, obtención de datos de análisis de parámetros in-situ y en laboratorio, levantamiento de operaciones unitarias de tratamiento, proponer el plan de mejoras para este sistema de agua y socializar con la comunidad.

En la visita técnica a las fuentes de agua para la posterior evaluación de calidad de agua, se realizó la determinación de puntos de muestreo para la respectiva caracterización, levantamiento de información mediante encuestas a los pobladores que permita conocer datos relevantes con respecto a la calidad del agua.

Se realizó análisis in situ de las fuentes de agua en la comuna, en los puntos establecidos, caracterización del agua cruda en cada uno de los puntos, así como también se realizó ensayos de laboratorio con las muestras recolectadas para comparar valores establecidos en la normativa con respecto al agua para el expendio humano y con ello proponer posibles soluciones que mejoren la calidad del agua que se distribuye.

1.4 Marco teórico

1.4.1 El agua

Es un derecho privilegiado constitucional fundamental para las personas, así como también es un recurso muy importante para la supervivencia de estas, este recurso hídrico es muy crucial como necesidad ya que satisface las necesidades de las personas, es usado en alimentación, agricultura, adaptación para el medio ambiente entre otras.

En la Constitución de la República del Ecuador del 2008 dicta: “El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza y fundamental para garantizar la soberanía alimentaria”. [4]

1.4.2 Agua cruda

Es considerada como el agua extraída o llevada de aguas superficiales o subterráneas que no tienen ningún tratamiento, esta agua contiene materia orgánica, inorgánica, microorganismos, parámetros físicos perjudiciales para salud, entre otras, este elemento no es idónea para el dispendio humano y mucho menos para ser llevada a la red de potabilización sin poseer algún tipo de tratamiento, el agua de la naturaleza tolera parásitos o bacterias ya que en varias localidades arrojan desechos o basura y esto no es controlado por la comunidad por lo cual trae una desventaja nutricional, agronómica, industrial, etc. [5]

1.4.3 Agua potable

Es aquella idónea para el consumo humano, se puede usar directamente para alimentación, agricultura, industria, etc. Esta agua tiene algún tratamiento que la hace potable, no es perjudicial a la salud por lo cual tiene calidad y la comunidad puede abastecerse de la misma sin problema. El agua potable es un recurso limitado ya que no toda comunidad la posee y tiene libre acceso a ella, el agua debe ser completamente incolora, limpia, insípida y sobre todo libre de contaminantes o patógenos que perjudican la salud de las personas. [6]

1.4.4 Contaminación del agua

Este recurso hídrico presenta alteraciones graves tanto en sus propiedades físicas como químicas, en las fuentes naturales pueden existir parcelas agrícolas cercanas, que las personas pueden descargar fuentes de fertilizantes, agroquímicos, heces de ganado, entre otras, que perjudican al agua ya que la escorrentía lo arrastra y produce masas de materia orgánica, así como también puede influir la mano del hombre por la industrialización o actividades humanas que descarguen directamente a la fuente como por ejemplo descarga de tensoactivos ya que lavan la ropa o usan el agua para los inodoros, lavado de autos, etc. Todo esto trae consigo la mala calidad de agua ya que se considera que tiene sedimentos, microorganismos y otros elementos que sobrepasan los lineamientos de la normativa. Así como también la misma naturaleza puede arrastrar elementos que estén al paso como por ejemplo suciedad, palos, tierra por desbordes que traen daños ecológicos, siendo este aspecto el mayor contaminador y provocando microorganismos, patógenos como bacterias, virus que transmiten enfermedades al recurso y cuando es consumido es perjudicial para la salud. [7]

Los padecimientos que se relacionan por el contagio del agua para el dispendio de la población tienen una carga viral significativa en la salud de las personas. Los métodos de desinfección para optimizar la calidad del agua suministran beneficios para la salud de las personas. [8]

1.4.5 Parámetros a medir

Para establecer los parámetros de calidad de agua es indispensable conocer la calidad física, química y microbiológica que esta tiene, por lo tanto, se debe evaluar:

Tabla 1 Parámetros a medir

PARÁMETROS FÍSICOS	Temperatura Turbidez Color Olor Sabor Conductividad Eléctrica pH
---------------------------	--

PARÁMETROS QUÍMICOS	Nitritos Nitratos Fosfatos Sulfatos Hierro Manganeso Amonio, entre otros.
PARÁMETROS BIOLÓGICOS	Coliformes Fecales Coliformes Totales

1.4.6 Calidad del agua

Se conoce como la descripción de las características del agua en tan orden que se encuentren dentro de la normativa vigente, en este caso sus tipologías físicas, químicas, biológicas, entre otras; la calidad depende de para que se vaya a usar, en este sistema es para el consumo humano y esta sea lo suficientemente buena para no contraer enfermedades que puedan traer este recurso hídrico.

El impacto que recibe la fuente captación de agua es muy alto por problemas de control de agricultura y ganadería que hay alrededor, por lo cual el agua es suministrada a sus pobladores con contaminantes que dañan la vida hídrica de la fuente.

En su mayoría la actividad agrícola, ganadera, erosión y deslizamiento de tierras, hacen que se forme sedimentación de lodos en la captación y esta corriente lleve todos los escombros hacia todo el sistema, haciendo que el agua se contamine por completo y no sea consumible. [9]

1.4.7 ICA

El Índice de Calidad del agua permite conocer el nivel de contaminación de un cuerpo hídrico, en base a ciertos elementos básicos y prioritarios respecto a su caracterización, para esto intervienen varios parámetros como; coliformes fecales, nitratos, fosfatos, pH (potencial de hidrógeno), temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, solidos disueltos, entre otros. [10]

La estimación de la calidad de agua en el "ICA" estima una ponderación que tiene un valor de 0 a 100, donde 0 indica que el agua es completamente de mala calidad y 100 es de excelente calidad. [10]

Tabla 2 Ponderación de Calidad de Agua

Ponderación	Calidad de Agua	Color
0-25	Muy mala	Grigio
26-50	Mala	Naranja
51-70	Regular	Amarillo
71-90	Buena	Verde
91-100	Excelente	Azul

[11]

1.4.8 Normativa

Para el estudio y valoración de la calidad de agua se determinarán medidas físicas, químicas, y microbiológicas, en base a la normativa INEN 1108:2011 y el Libro VI Anexo I del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), en donde se compara los resultados para demostrar el rango de contaminación.

1.4.9 Características del agua

La medición de características de agua a través del tiempo, analizando características o condiciones que son aptas para su consumo. Actualmente se realizan sistemas de monitoreo instantáneo que se sabe inmediatamente si el agua tiene casos graves o está en perfectas condiciones. [12]

Trae consigo las siguientes características:

- Identificar y caracterizar la calidad de agua en el tiempo.
- Conocer problemas de calidad de agua presentes o emergentes.
- Determinar una base de datos con la información de prevención o control de calidad de agua.
- Responder con suma urgencia a situaciones actuales de contaminación en la calidad de agua.

1.4.10 Operaciones unitarias de tratamiento

Las operaciones unitarias de tratamiento son:

Sedimentación

Remueve las impurezas del agua por medio de toda la fuerza en base a la gravedad, llevando al agua a estar completamente en reposo, esto se realiza por medio de decantadores, sedimentadores y pre-sedimentadores. [13]

Coagulación – Floculación

Consiste en adicionar una sustancia química al agua que sirve como coagulante el cual neutraliza y remueve las partículas que hay en el agua, el coagulante más usado es el aluminio, ayuda a las principales características como el color y la turbidez. [13]

Filtración

Consiste en filtrar el agua por un medio poroso, la arena es uno de ellos, por el cual es usada como medio filtrante para el tratamiento de turbidez de agua, y una serie de remociones para caracterizar las partículas de este recurso hídrico. [13]

Desinfección

Consiste específicamente en adicionar gas cloro u ozono al agua que va a ser tratada para el consumo humano, esta elimina o remueve todo tipo de bacterias. [13]

2 METODOLOGÍA

2.1 Levantamiento de información.

2.1.1 Visita técnica

Se realizó el recorrido en la zona para conocer los puntos a muestrear teniendo el permiso de acceso a la ubicación por parte de la junta de agua potable de la comunidad, llegando a conocer la línea de conducción y distribución de este recurso hídrico en el área de estudio delimitada y así facilitar el levantamiento de información base, recolección de muestras, evaluación del sistema de tratamiento actual y socialización con la comunidad.

Se realizó la visita de campo en la comunidad de San Antonio de Pungue, llevando los materiales suficientes para realizar el muestreo in-situ de parámetros de la calidad de agua en la misma para conocer el estado físico, químico, biológico, del agua.

2.1.2 Encuestas

Se realizó el estudio mediante encuestas en la comunidad de San Antonio de Pungue el sábado 4 de diciembre del 2021 en una reunión con el consejo de la comunidad, en donde se dio lectura a las preguntas referentes a conocer la realidad de consumo de agua, así como también se entregó hojas impresas para registrar sus respuestas. Posteriormente se transfirió los resultados a una hoja de cálculo para hacer el análisis respectivo de la situación que está pasando la comunidad.

Se pregunto sobre la percepción de la comunidad en cuanto al agua, la encuesta se encuentra en el Anexo III.

2.1.3 Puntos Georreferenciados de muestreo.

Se realizo el levantamiento de puntos georreferenciados usando el GPS de marca GARMIN, de toda la zona a analizar, realizando el recorrido en toda la conducción y el sistema de distribución de agua potable.

El sistema este compuesto de Captación, planta de tratamiento y tanque de almacenamiento.

Se ubica en Google Earth los puntos establecidos en la figura 1:

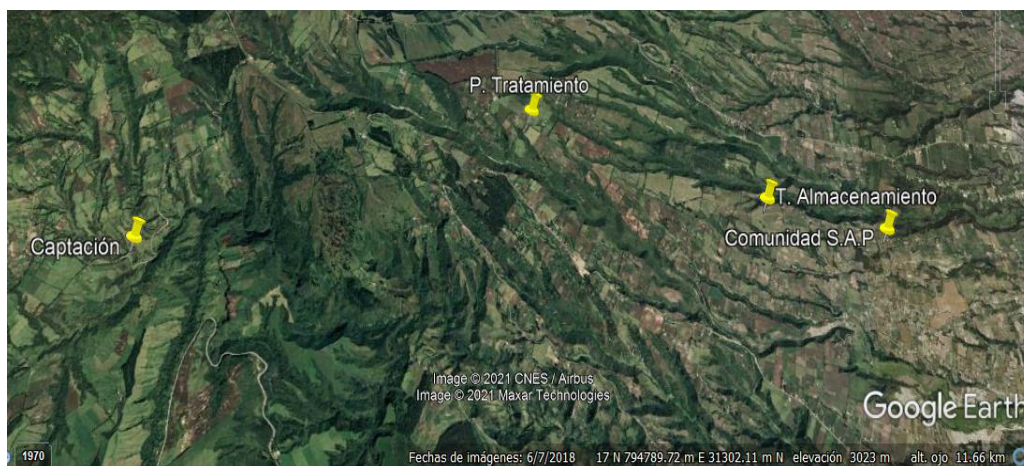


Figura 1 Puntos de Ubicación del sistema de conducción

2.2 Evaluación de la calidad de agua del sistema de abastecimiento.

Para el análisis de calidad de agua se realizó un muestreo simple, se tomó el agua

desde los puntos a muestrear, determinando valores in-situ, se realizó la recolección de muestras y el análisis mediante el plan de muestreo.

2.2.1 Plan de muestreo

Consiste en analizar cada punto de muestreo ya sea en laboratorio o in-situ, se consideró la conservación, transporte y almacenamiento de la muestra para que la misma sea representativa y no tenga fallos en su análisis y lectura de resultados. El plan de muestreo se encuentra en el Anexo 1.

Dentro del plan de muestreo se consideró:

- Preparación de materiales.
- Selección de puntos a muestrear.
- Análisis de campo.
- Adquisición de muestras.
- Recolección de muestras.
- Preservación de muestras.
- Sellar y etiquetar los recipientes.
- Preservación y almacenamiento de muestras.
- Transporte de Muestras.
- Cadena de custodia.
- Entrega de muestras en el laboratorio.

2.2.2 Muestreo análisis in-situ

Para el muestreo en la localidad se realizó una planificación y control del material y equipo a usar en este proceso de recolección de muestras.



Establecimiento de los puntos de muestreo:





1. Captación.
2. Planta de tratamiento.
3. Tanque de almacenamiento.

2.2.3 Materiales y equipos utilizados.

Se utilizo los siguientes materiales y equipos para realizar los análisis in-situ:

Tabla 3 Materiales y equipos utilizados.

Materiales y equipos	Imagen	Parámetros
Turbidímetro HACH		<p>Con este equipo se pudo medir:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Turbiedad (NTU).
Multiparámetro o Sonda Multiparamétrica.		<p>Con este equipo se pudo medir:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Temperatura °C. 2. Potencial de hidrogeno (pH). 3. Oxigeno disuelto (mg/l). 4. Conductividad(mS/cm). 5. Solidos disueltos, entre otros.
Jarras		<p>Con este material se obtuvo el agua para dichos análisis.</p>

		
<p>GPS</p>		<p>Con este equipo se realizó las coordenadas georreferenciales.</p>
<p>Medidor de flujo ultrasónico</p>		<p>Con este equipo se midió la velocidad, el caudal mediante sondas magnéticas.</p>
<p>Equipo de Seguridad, protección personal.</p>		<p>Guantes Mandil Mascarilla Alcohol</p>

2.2.4. Análisis in-situ.

Para realizar el análisis o muestreo in-situ en la Captación, planta de tratamiento y tanque de almacenamiento se procedió a calibrar los equipos, como es la sonda multiparamétrica y el turbidímetro, en el sitio de muestreo, este equipo pertenece a la ESFOT, con el mismo se midieron los siguientes parámetros: temperatura (°C), potencial de hidrógeno (pH), conductividad (mS/cm), Oxígeno Disuelto (OD) mg/L, sólidos totales disueltos (g/L), salinidad (ppt), entre otros.

Para llevar a cabo los análisis mencionados se realizó:

- Calibración de la sonda, bañándola en agua destilada para no obtener datos erróneos, y los electrodos y sensores estén completamente limpios.
- Se procedió a homogenizar la jarra, lavándola 3 veces para la toma de muestra y previamente introducir la sonda.
- Recolectar la muestra en la jarra.
- Introducir la sonda para realizar los análisis correspondientes.
- En un corto tiempo se obtuvieron resultados o valores estables de la sonda multiparamétrica.
- Registro de medidas o datos que proporcione el equipo.

También se procedió a medir la turbiedad (NTU), utilizando el turbidímetro HACH, en donde:

- Se procedió a la calibración del turbidímetro.
- Se verifico que las celdas estén completamente limpias para realizar el análisis.
- Se coloco una celda con agua destilada para homogenizar el material.
- Se coloco la muestra de agua de los puntos dichos para realizar la medición.
- Registro de datos arrojados por el turbidímetro.

2.2.5 Análisis de laboratorio

Se realizó una tercera visita técnica para tomar las muestras a ser medidas en los puntos 2 y 3 que son la Planta de tratamiento y el tanque de distribución para ser llevadas a

laboratorio, para este análisis se siguieron los respectivos pasos del Plan de muestreo realizado para esta localidad, el plan de muestreo se encuentra en el anexo II.

Las muestras fueron llevadas y tratadas con forme a la norma técnica NTE INEN 2169 Agua, la cual se desarrolló para muestreo, conservación, transporte, manejo y sobre todo calidad de agua.

En el laboratorio se realizaron los siguientes ensayos:

Tabla 4 Ensayos de laboratorio.

Nombre del ensayo	Unidades	Técnica y equipos
Nitritos	mg/L (NO ₂ -)	Espectrofotometría, equipo HACH DR 1900.
Nitratos	mg/L (NO ₃ -)	Espectrofotometría, equipo HACH DR 1900.
Fosfatos	mg/L (PO ₄ ³⁻)	Espectrofotometría, equipo HACH DR 1900.
Sulfatos	mg/L (SO ₄ ²⁻)	Espectrofotometría, equipo HACH DR 1900.
Hierro	mg/L (Fe)	Espectrofotometría, equipo HACH DR 1900.
Manganeso	mg/L (Mn)	Espectrofotometría, equipo HACH DR 1900.
Amonio	mg/L	Espectrofotometría, equipo HACH DR 1900.
DQO	mg/L	Espectrofotometría, Digestor de DQO, equipo HACH DR 1900.
DBO ₅	mg/L	Laboratorio CICAM.
Solidos Totales	mg/L	Método gravimétrico, Mufla, disecador, etc.
Solidos Disueltos	mg/L	Método gravimétrico, Mufla, disecador, etc.
Solidos Volátiles	mg/L	Método gravimétrico, Mufla, disecador, etc.
Coliformes Fecales y totales	NMP/ 100 mL	Laboratorio CICAM.

Para el proceso de análisis en el laboratorio se utilizó el manual de análisis para agua Hach, cada método tiene su procedimiento, en donde dicta:

- Volumen de muestra.
- Blanco para el análisis.
- Programa correspondiente para cada parámetro.
- Reactivos para utilizar.
- Procedimiento y tiempo de cada análisis.

Se realizó el análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en donde:

- Los parámetros químicos fueron directamente medidos sin tener consecuencia alguna siguiendo paso a paso cada método.
- Se determino el DQO usando dos celdas de reactivos para la muestra y una más usada como blanco.
- Se procedió a usar el digestor durante 2 horas para su reacción.
- Se determino los valores de DQO dejando enfriar media hora y proceder a ser leídos por el espectrofotómetro.
- Se procedió realizar solidos totales y suspendidos en el laboratorio LDIA.
- Se utilizo 50 mL de la muestra para solidos totales y 100 mL de la muestra para solidos suspendidos.
- Para sacar valores totales de solidos usaremos la ecuación:

$$ST\left(\frac{mg}{L}\right) = SS + SD$$

Ecuación 1 Formula Solidos Totales

Donde:

ST= Solidos totales.

SS=Solidos suspendidos

SD= Solidos disueltos.

- En cuanto al análisis de coliformes fecales y totales, se enviaron muestras de agua cruda de cada punto a analizar al laboratorio CICAM.

2.2.6 Comparación de resultados

Para la evaluación y estudio de calidad de agua es necesario conocer el límite máximo permisible de las normas vigentes para dar un criterio de calidad de fuente de agua para consumo humano y doméstico. Para esto vamos a usar la normativa ecuatoriana NTE INEN 1108:2011 y el TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE. (TULSMA REFORMA 2015).

2.2.7 Índice de Calidad de Agua

Para determinar el índice de calidad de agua se debe realizar el siguiente proceso:

1. Identificar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para basarse en el conocimiento de datos reales sobre la posible causa de riesgo en el agua. [10]
2. Asignar una ponderación unificada como también racional, a ciertos parámetros que fueron seleccionados, valorando el riesgo en dicha concentración del recurso hídrico. [10]

Para la determinación del cálculo del ICA-NSF se tiene la siguiente formula:

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n liWi}{\sum_{i=1}^n Wi}$$

Ecuación 2 Índice de Calidad del agua

Dónde:

ICA= Índice de calidad de agua

li= Índice de calidad de agua para parámetros.

Wi= Coeficiente de ponderación de los parámetros.

n= Número de parámetros. [11]

El índice de calidad de agua se evalúa en base a los parámetros medidos tanto en campo como el laboratorio, para el mismo se usaron las siguientes formulas:

Nitratos.

Formula:

$$I_{NO_3} = 1662.2(NO_3)^{-0.343}$$

Rango: Cuando se obtiene resultados menores a 4,097 mg/L el ICA es = 100.

Fosfatos.

Fórmula:

$$I_{PO4} = 34.215(PO_4)^{-0.46}$$

Rango: Cuando se obtiene resultados menores o iguales a 0,0971 mg/L el ICA es = 100.

Turbidez.

Formula:

$$I_T = 108(T)^{-0.178}$$

Rango: Cuando se obtiene resultados menores a 1,54 UTJ es ICA es = 100

Potencial de Hidrogeno.

Formula:

$$I_{pH} = 10^{0.2335pH+0.44}$$

Rango: Para un pH menor a 6,7.

$$I_{pH} = 100$$

Rango: Para un pH entre 6,7 y 7,3.

$$I_{pH} = 10^{4.22-0.293pH}$$

Rango: Para un pH mayor a 7,3.

Oxígeno Disuelto.

Formula:

$$I_{OD} = \frac{OD}{OD_{sat}} * 100$$

Para el cálculo del oxígeno disuelto se tomó en cuenta la tabla de solubilidad del oxígeno en base a la temperatura, en donde el agua de la planta de tratamiento tiene una T°C de 16,8 y el tanque de distribución de 16,35. Y el oxígeno disuelto de saturación sería de 9,9 para ambos casos.

DBO5.

Formula:

$$I_{DBO} = 120(DBO)^{-0.673}$$

Rango: Cuando se obtiene valores menores o iguales a 1,311 mg/L el ICA es de 100.

Nitrógeno: amoniacal.

Formula:

$$I_{NH3} = 45,8(NH3)^{-0,343}$$

Rango: Cuando se obtiene valores menores a 0,11 mg/L el ICA es de 100.

Solidos Suspendidos.

Formula:

$$I_{SS} = 266.5(SS)^{-0.37}$$

Rango: Cuando se obtiene valores menores a 14,144 mg/L el ICA es de 100.

Solidos Disueltos.

Formula:

$$I_{SD} = 109.1 - 0.0175(SD)$$

Rango: Cuando se obtiene valores menores a 520 mg/L el ICA es de 100.

Cuando se obtiene valores mayores a 6234 mg/L el ICA es de 0.

Coliformes Fecales.

Formula:

$$I_{CF} = 97.5[5(CF)]^{-0.27}$$

Rango: Cuando se obtiene un resultado de coliformes fecales de 0 NMP/100mL tiene un ICA de 100.

Coliformes Totales.

Formula:

$$I_{Ct} = 97.5(CT)^{-0.27}$$

Rango: Cuando se obtiene un resultado de coliformes fecales de 0 NMP/100mL tiene un ICA de 100.

Conductividad Eléctrica.

Formula:

$$I_{CE} = 540 (CE)^{-0.379}$$

Rango: Cuando se obtiene menores resultados a 85,60 uS/cm el ICA es de 100.

El cálculo del ICA se dará mediante las fórmulas dadas, cuando el ICA tenga un valor de 0% el agua es altamente contaminada y cuando tenga un valor de 100%, el agua está en excelentes condiciones.

2.3 Propuestas de mejora al sistema de tratamiento.

Se considera que para mejorar la calidad de agua se deben establecer propuestas de la manera más simple y completa posible para tener un tratamiento y calidad del más alto rango.

Con base a los resultados de la caracterización de agua, evaluación de calidad y también de los elementos levantados mediante las operaciones unitarias que existen en la planta de tratamiento actual se harán mejoras para que el sistema sea repotenciado y pueda funcionar de la mejor manera, así como también se implementara el hipoclorador por goteo.

2.3.1 Hipoclorador por goteo.

Durante la visita técnica se pudo observar que existe un hipoclorador que se encuentra sin uso alguno, pero el mismo se encuentra en un estado crítico, para el cálculo de este sistema se tomó en cuenta que es un equipo muy económico y de fácil uso, así como también mejora la calidad del agua para consumo humano, este hipoclorador es de carga constante con una solución de cloro para eliminar los microorganismos que se encuentran en el recurso hídrico.

Se debe realizar el cálculo de la dosis de desinfectante para no pasar el límite de concentración y no afectar a la salud de las personas,

Para la propuesta de desinfección se utilizó las tablas de valor de K en mg*min/L de la NORMATIVA EMAAP-Q, en este caso usando la tabla 6,4.

Tabla 5 Tabla 6.4 Valor de K para plantas con eliminación menor del 90%.

Tabla 6.4 Valor de K en mg.min/l para plantas con separación menor del 90% del COLI TOTAL		
15°C		
C dosis de cloro mg/l	pH 7	Tiempo de contacto en minutos
0,4	47	117,5
0,6	48	80
0,8	49	61,25
1	50	50
1,2	51	42,5
1,4	52	37,14

En donde el tiempo de contacto sería aproximadamente a 1 hora.

Para el cálculo de la cantidad de cloro a dosificar se usó al siguiente formula:

$$C * tc = K$$

Ecuación 1 Cantidad de cloro a dosificar.

Donde:

C= Dosis de cloro (mg/L).

Tc= Tiempo de contacto (min).

K= Constante ((mg*min) /L)

Con la formula dada se despeja la variable a calcular y se obtiene:

$$tc = \frac{K}{C} \text{ min.}$$

Ecuación 2 Tiempo de contacto recomendado.

Para el procesamiento de datos del volumen del tanque de contacto se determinó mediante la siguiente formula:

$$V_c = Q \left(\frac{m^3}{min} \right) * t_c (\text{min})$$

Ecuación 3 Volumen del tanque de contacto.

Donde:

Vc= Volumen del tanque de contacto (m³).

Q= Caudal de ingreso (m³/min).

tc= tiempo de contacto (min).

Así como también se obtuvo el volumen del tanque de almacenamiento, para esto fue necesario conocer las dimensiones actuales del tanque de almacenamiento para realizar este cálculo, se realizó la siguiente formula:

$$V_T(m^3) = L * A * H$$

Ecuación 4 Volumen del tanque total.

Donde:

Vt= Volumen del tanque.

L= Largo del tanque (m).

A= Ancho del tanque (m).

H= Profundidad del tanque (m).

Para la obtención del tiempo actual de contacto con el agua se realizó la siguiente formula:

$$t_c(min) = \frac{V_T}{Q}$$

Ecuación 5 Tiempo de contacto.

tc= tiempo de contacto (min).

Vt= volumen del tanque (m³).

Q= Caudal de ingreso (m³/min).

Para la obtención del volumen de agua al ingreso del tanque, se usó el caudal de ingreso para determinar la necesidad de solución clorada, y se tomó como referencia 15 días en este problema, se realizó la siguiente formula:

$$V_{H_2O}(L) = Q\left(\frac{L}{s}\right) * tr(s)$$

Ecuación 6 Volumen de agua.

Donde:

VH₂O= volumen de agua de ingreso al tanque (L).

Q= caudal de ingreso (L/s).

tr= tiempo de recarga del tanque con la solución clorada (s).

Se realizó también el peso del cloro, para esto es necesario conocer el volumen de agua que ingresa al tanque y la concentración de cloro, se realizó la siguiente formula:

Hipoclorito de calcio 70%

$$P_{CaClO_2}(g) = \frac{V_{H_2O} * C}{10 * \%de\ cloro}$$

Ecuación 7 Peso del hipoclorito de calcio.

Donde:

P_{CaClO_2} = peso del hipoclorito de calcio 70% (g).

V_{H_2O} = volumen del agua (L).

C= dosis de cloro (mg/L)

%Cloro= Porcentaje de cloro.

10= Fracción de conversión (g).

Para la desinfección del agua por medio de este proceso se necesita conocer la concentración máxima de la solución clorada y para esto se recomienda que esta sea <5000 para que no exista obstrucción o deterioro de la manguera por el exceso de cloro.

Se uso el siguiente criterio:

$$CM = <5000 \text{ ok.}$$

Para la obtención del caudal por goteo para la regulación del equipo se realizó la siguiente formula:

$$Qg = \frac{V_{tc}}{t_r} \left(\frac{mL}{min} \right)$$

Ecuación 8 Caudal de goteo.

Donde:

Qg= Caudal de goteo (ml/min).

V_{tc} = volumen del tanque por goteo (ml).

t= tiempo de recarga (min).

En este caso se recomienda el uso de un tanque de 600 L para la solución madre y un tanque dosificador de 40L.

2.4 Socialización del proyecto con la comunidad.

La socialización del proyecto se llevó a conocer mediante la junta de agua que tiene la comunidad, dando acceso a la ubicación de la fuente, así como también a todas las pruebas correspondientes y análisis necesarios para saber en qué estado se encuentra la calidad del agua.

3 RESULTADOS

3.1 Levantamiento de información.

3.1.1 Localización.

San Antonio de Punge, es una comunidad rural que se halla ubicada en la parroquia de Quiroga en el cantón Cotacachi en Imbabura, este sector posee bosques húmedos y tiene amplia variedad de vegetación. Su extensión es de 512.768 ha. Esta limitada al norte con la quebrada de Cuicocha y al sur con la comunidad Cumbas Conde, así como también al este con la comunidad San José de Pungue y al oeste con la comunidad San Nicolás. [14]

3.1.2 Clima.

La comunidad presenta un clima cálido y templado. La comunidad tiene precipitaciones significativas de 1100mm a 1300 mm cada año, la temperatura varía entre 9°C y 15°C. Ecológicamente posee boscaje muy húmedo montano y bosque húmedo montano bajo. [14].

3.1.3 Población.

La comunidad de San Antonio de Punge se encuentra en la parroquia de Quiroga por lo cual el porcentaje de esta población según sexo representa un total de 50,24% de mujeres y 49,76% de hombres, la evaluación poblacional de la comunidad la realizamos mediante los cambios en estos años gracias a la evolución de la población hasta el año actual. La comunidad de San Antonio de Punge cuenta aproximadamente con 57 familias, actualmente cada familia tiene un promedio de 5 habitantes por cada hogar. [14]

3.1.4 Información del Sistema de Abastecimiento de Agua actual.

La captación está construida de forma rectangular y es hecha a base de hormigón. Esta se encuentra cercada por una puerta de acero y alambre de púas, las cuales no permiten el ingreso a la zona por personas. Consta de dos partes que son: almacenamiento de agua y tanque de válvulas de control. A la captación solo pueden ingresar la persona encargada de operar la misma, el presidente de la comunidad y el dueño del terreno en el que se encuentra el recurso hídrico. [14]

Desde la zona de captación por el punto de sondeo de la línea de conducción, el agua es dirigida a una planta de tratamiento que está en la zona de San Nicolas, la cual es transportada por gravedad, la planta de tratamiento se encuentra abandonada sin ser utilizada por los moradores de la comunidad, esta ocupa un espacio de 2, 805. 84 m². La entrada de la tubería es de 4". [14]

Posteriormente se hizo el muestreo en la planta de tratamiento, en donde esta fue creada con la finalidad de abastecer a la comunidad agua potable de alta calidad, pero esta no cumple con su función, la misma se encuentra abandonada y completamente llena de vectores y ramales que dañan su infraestructura. Así como también todo proceso para potabilizar el agua se encuentra deshabilitado, en las operaciones unitarias. [14]

3.2 Evaluación de la calidad de agua del sistema de abastecimiento.

A continuación, se presenta detalladamente los datos de todos los parámetros valorados in-situ y en laboratorio.

Con la información recaudada en la visita técnica se observó que el lugar consta de dos fuentes naturales que se unen y forman una sola microcuenca del río Cambugán que sería la toma de captación de esta comunidad, en esta área se identifican desbordes de tierra que modifican los parámetros básicos del agua, se observa además que el deslizamiento de la misma ocasiona sedimentación en el cuerpo hídrico, la zona está en muy malas condiciones por lo que inmediatamente y a simple vista se observa que el agua no puede ser usada para consumo humano ya que presenta un color amarillento y residuos en la misma.

El punto de muestreo en la captación se puede observar en la figura 2 e ilustración 3.

En la captación existe desbordes de tierra, en donde el agua se contamina y la puerta

de acceso esta bloqueada.



Figura 2 Captación, vista exterior.

El sitio de la captación se encuentra en estado crítico, o posee un control adecuado para el funcionamiento.



Figura 3 Captación, vista interna.

La planta de tratamiento se puede observar en la figura 4 e figura 5.

En la planta de tratamiento no había acceso a la instalación, esta se encuentra abandonada.



Figura 4 Planta de Tratamiento, vista exterior.

Las operaciones unitarias de la planta de tratamiento no están en funcionamiento, el mal uso de las instalaciones hizo que la planta en vez de ayudar a la mejora del sistema de calidad de agua, empeoro la situación ya que no hay quien controle el sitio y como se puede observar los tanques sedimentadores contienen vida acuática, en este caso hay renacuajos y algas que se han formado con el paso del tiempo.



Figura 5 Planta de tratamiento, vista interna.

El tanque de almacenamiento de la poblacion se observa en la figura 6 e figura 7. El tanque de almacenamiento esta a un costado de la planta de tratamiento, para su acceso se realizo el pedido a los dueños del terreno que ocupaban el lugar, una vez accedido a sitio se observo que el tanque estaba en su mayor limite, asi como tambien

contenia microrganismos.



Figura 6 Tanque de distribución, vista exterior.

El tanque de distribución esta lleno de sapos, renacuajos en donde altera la calidad de agua, teniendo material suspendido al fondo de este.



Figura 7 Tanque de distribución, vista interna.

3.2.1 COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON NORMA VIGENTE.

PUNTO DE MUESTREO, PLANTA DE TRATAMIENTO:

ANÁLISIS IN-SITU:

Tabla 6 Análisis In-situ, Planta de tratamiento.

Parámetro	Unidad	Valor Obtenido	Límite máximo permisible (INEN)	Límite máximo permisible (TULSMA)	RANGO (Aceptable o sobrepasa)
Turbiedad	NTU	13,3	5	100,0	
Temperatura	°C	16,80	--	--	-----
Potencial de Hidrogeno	pH	6,45	--	6-9	
Oxígeno Disuelto	OD	4,57	--	--	-----
Conductividad		0,010	--	--	-----

Los parámetros tomados en campo son comparados con la normativa vigente, en este caso se tiene una turbiedad alta, esto quiere decir que en el agua existe partículas en suspensión lo cual es la concentración de virus, bacterias y muchos más microorganismos patógenos que son difíciles de eliminar sin tener un tratamiento.

A simple vista se observó que el agua no era transparente y contenía partículas que altera la calidad de agua.

ANÁLISIS EN LABORATORIO:

Tabla 7 Análisis en laboratorio, Planta de tratamiento.

Parámetro	Unidad	Valor Obtenido	Límite máximo permisible (INEN)	Límite máximo permisible (TULSMA)	RANGO (Aceptable o sobrepasa)
Nitritos	mg/L (NO ₂ ⁻)	0,002	0,2	0,2	
Nitratos	mg/L (NO ₃ ⁻)	0,2	50,0	50,0	
Fosfatos	mg/L (PO ₄ ³⁻)	0,28	--	--	-----

Sulfatos	mg/L (SO ₄ ²⁻)	34	--	500	
Hierro total	mg/L (Fe)	1,5	--	1,0	
Manganeso	mg/L (Mn)	0,104	0,4	--	
Amonio	mg/L	0,27	--	--	----
DQO	mg/L	16	--	<4	
DBO₅	mg/L	<2	--	<2	
Solidos Totales	mg/L	192	--	--	----
Solidos Suspendidos	mg/L	11	--	---	----
Solidos Disueltos	mg/L	181	--	--	----
Coliformes Fecales	NMP/ 100 mL	23	< 1,1	1000	
Coliformes Totales	NMP/ 100 mL	43	--	--	

Los parámetros realizados en laboratorio son comparados con la normativa vigente en donde el Hierro Total sobre pasa el rango y esto afecta al cuerpo hídrico, el agua es consumida por los moradores y esto trae mal sabor, en caso de usar la ropa para lavado la mancharía y sobre todo causa deficiencia en la salud provocando anemia a las personas y producir lodos.

El DQO detecto que el agua contiene materia orgánica degradando la muestra, así se supo que el agua está contaminada en exceso.

Los Coliformes Fecales y Totales se pasan del rango, esto quiere decir que existe presencia de heces en el agua en donde hay materia orgánica, el agua no tiene ningún tratamiento y no puede ser usada para consumo humano.

3.2.2 PUNTO DE MUESTREO, TANQUE DE DISTRIBUCIÓN:

ANÁLISIS IN-SITU:

Tabla 8 Análisis In-situ, Tanque de distribución.

Parámetro	Unidad	Valor Obtenido	Límite máximo permisible (INEN)	Límite máximo permisible (TULSMA)	RANGO (Aceptable o sobrepasa)
Turbiedad	NTU	7,21	5	100,0	
Temperatura	°C	16,34	--	--	---
Potencial de Hidrogeno	pH	7,24	--	6-9	
Oxígeno Disuelto	OD	3,89	--	--	----
Conductividad		0,010	--	--	-----

Los parámetros tomados en campo son comparados con la normativa vigente, en este caso se tiene una turbiedad alta, esto quiere decir que en el agua existe partículas en suspensión lo cual es la concentración de virus, bacterias y muchos más microorganismos patógenos que son difíciles de eliminar sin tener un tratamiento.

A simple vista se observó que el agua no era transparente y contenía partículas que altera la calidad de agua.

ANÁLISIS EN LABORATORIO:

Tabla 9 Análisis de laboratorio, Tanque de distribución

Parámetro	Unidad	Valor Obtenido	Límite máximo permisible (INEN)	Límite máximo permisible (TULSMA)	RANGO (Aceptable o sobrepasa)
Nitritos	mg/L (NO ₂ -)	0,013	0,2	0,2	
Nitratos	mg/L (NO ₃ -)	0,7	50,0	50,0	
Fosfatos	mg/L (PO ₄ ³⁻)	0,37	--	--	-----
Sulfatos	mg/L (SO ₄ ²⁻)	0	--	500	-----
Hierro	mg/L (Fe)	1,2	--	1,0	

Manganeso	mg/L (Mn)	0,069	0,4	--	
Amonio	mg/L	0,29	--	--	-----
DQO	mg/L	28	--	<4	
DBO₅	mg/L	<2	--	<2	-----
Solidos Totales	mg/L	182	--	--	----
Solidos Suspendidos	mg/L	13	--	--	----
Solidos Disueltos	mg/L	169	--	--	----
Coliformes Fecales	NMP/ 100 mL	6,9	--	1000	
Coliformes Totales	NMP/ 100 mL	1,2	--	--	

Los parámetros realizados en laboratorio son comparados con la normativa vigente en donde el Hierro Total sobre pasa el rango y esto afecta al cuerpo hídrico, el agua es consumida por los moradores y esto trae mal sabor, en caso de usar la ropa para lavado la mancharía y sobre todo causa deficiencia en la salud provocando anemia a las personas y producir lodos.

El DQO detecto que el agua contiene materia orgánica degradando la muestra, así se supo que el agua está contaminada en exceso.

Los Coliformes Fecales y Totales se pasan del rango, esto quiere decir que existe presencia de heces en el agua en donde hay materia orgánica, el agua no tiene ningún tratamiento y no puede ser usada para consumo humano.

3.2.3 Índice de calidad de agua.

En el procesamiento de datos del índice de calidad de agua se tomaron los siguientes parámetros,

PUNTO DE MUESTREO, PLANTA DE TRATAMIENTO:

Tabla 10 ICA, Planta de tratamiento

PARÁMETRO	RESULTADO DE ANÁLISIS	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)
-----------	-----------------------	---------------------------------

Turbiedad (13,3)	0,7049	100
Potencial de Hidrogeno	6,45	88,3
Oxígeno Disuelto	4,57	46,2
Conductividad Eléctrica	10	225,6
Nitratos	0,2	100
Fosfatos	0,28	61,5
DBO5	1	100
Solidos Disueltos	181	100
Solidos Suspendidos	11	100
Coliformes Fecales	2,3	50,42
Coliformes Totales	4,3	65,76
Nitrógeno amoniacal	0,27	71,8

ICA FORMULA GENERAL:

ICA 83,42093232

Los resultados de ICA demuestran que la calidad de agua es BUENA, entrando en un rango de 71-90, pero sin embargo se debe realizar el tratamiento de desinfección ya que como contiene gran demanda de coliformes fecales y totales, esta es muy perjudicial para la salud de las personas.

PUNTO DE MUESTREO, TANQUE DE DISTRIBUCIÓN:

Tabla 11 ICA, Tanque de distribución

PARÁMETRO	RESULTADO DE ANÁLISIS	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)
Turbiedad (7,21)	0,38213	100
Potencial de Hidrogeno	7,24	100
Oxígeno Disuelto	3,89	39,29
Conductividad Eléctrica	10	225,6
Nitratos	0,7	100

Fosfatos	0,37	54,06
DBO5	1	100
Solidos Disueltos	169	100
Solidos Suspendidos	13	100
Coliformes Fecales	6,9	37,48
Coliformes Totales	1,2	92,82
Nitrógeno Amoniacal	0,29	70,03

ICA 83,00908147

En el tanque de distribución la calidad del agua es BUENA, entrando en rango de 71-90, en este tanque existe vida acuática por no tener el tratamiento adecuado de desinfección y abastecimiento a la comunidad.

3.3 Propuesta de mejora de calidad de agua.

Realizar actividades de limpieza y desinfección en la Captación:

- Limpiar toda la estructura externa e interna de la captación y lo que le rodea.
- Se debe retirar completamente toda el agua de la cámara de captación para sacar todo el material sedimentado.
- Limpiar las paredes al interior y exterior de la cámara y todos sus componentes.

Conocer la estructura del reservorio para un mejor tratamiento ya que no tiene acceso y la sedimentación de materia es arrastrada hacia la planta de tratamiento y al mismo tiempo al tanque de distribución.

Actividad de limpieza y desinfección en la planta de tratamiento.

- Limpieza, operación y mantenimiento de toda la planta de tratamiento.
- Implementar un sistema de desinfección como es el hipoclorador por goteo en la zona.

Para la planta de tratamiento se propone la mejora en las operaciones unitarias que esta tiene:

Tabla 12 Propuesta Operaciones unitarias

<p>Sistema de floculación</p>	<p>Para este sistema se debe hacer un análisis referente a la factibilidad de todo el diseño, hacer mantenimiento a todo el canal de ingreso ya que se encuentra en corrosión y hay mucha basura que no permite el paso del caudal como es debido. Este sistema debe estar en óptimas condiciones para flocular todas las partículas que se encuentren en el agua, y formen una masa de gran cantidad y tamaño, debe fluir muy lentamente para no romper los flóculos, se debe revisar siempre el estado de todo el sistema de floculación, la estructura debe estar en óptimas condiciones para que no altere el caudal de ingreso y que garantice el floc suficiente, después se da paso a la sedimentación. [15]</p>
<p>Tanques de sedimentación</p>	<p>Estos tanques tienen aglomeración de materia orgánica, microorganismos y vegetación en vida y en descomposición, los mismos no se encuentran en funcionamiento, por lo cual se requiere de un vaciado y limpieza profunda para remover toda la materia que se encuentra disuelta. Con la puesta en marcha del sistema de floculación los tanques de sedimentación en mezcla lenta irán limpiando todos floc que se encuentran en los mismos, se debe realizar la verificación e inspección del funcionamiento de las válvulas para una distribución adecuada del caudal a todos los tanques, así como también se debe verificar la turbiedad del agua si se esta</p>

	removiendo o no, mediante la verificación de la infraestructura si tiene daños o fugas que ocasione problemas. [15]
Filtros	En la planta de tratamiento existe la filtración lenta por lo cual debe remover toda la materia mediante capas de arena para su drenaje, los lechos filtrantes so como brazos largos de pvc que se encuentran en mal estado, están rotos y deben cambiarse, se debe realizar una inspección de remoción de todo el sistema, tener en cuenta el volumen de agua para lavar todos los filtros, como operación y mantenimiento se debe mantener el filtro en buen estado, conservar el altura de agua, para este lavado se debe cerrar por completo el ingreso del agua sedimentada y del agua que sale como filtrada y abrir la válvula de desagüe y lavado. El tiempo de lavado de los filtros es de 8 a 15 min dependiendo del nivel de agua, cuando este proceso se haya realizado se debe inspeccionar el funcionamiento de los filtros y válvulas, realizando el control de calidad por medio de análisis in-situ. [15]
Tanque de distribución	Esta estructura es donde se almacena el agua y siempre pasa cubierta, se debe conocer siempre el caudal que entra, así como también conocer siempre la provisión o cantidad de cloro en el mismo, aquí también se debe verificar que no haya fugas o daños en la estructura, la caja de válvulas debe ser exclusivamente para el funcionamiento de estas, esta no debe ser usada como bodega, se debe

	realizar la limpieza de toda el área al exterior y al interior del tanque sin el uso de tensoactivos. [15]
--	--

3.3.1 Hipoclorador por goteo.

Este es un sistema de desinfección, basado en la cloración del procedimiento de abastecimiento de agua, en el punto de muestreo 3, existe el tanque de distribución que posee un tanque para cloración de 250 L, pero el mismo no está en uso y la cámara de válvulas se encuentra como bodega. En la actualidad la comunidad de San Antonio de Pungue no tiene un proceso de desinfección del agua por lo cual esta sería una opción de abastecimiento de agua para consumo humano de forma segura y económica. La comunidad actual es de 353 personas aproximadamente.

Este sistema es muy fácil de manejar y manipular. La determinación del desinfectante se dio debido a los criterios señalados del rango de cloro de 0,3 a 1,5 mg/L según la NORMA INEN 1108, así como también los rangos de cloro de 0,4 mg/L a 1,4 mg/L de la NORMA EMAAP-Q.

Dada a conocer la propuesta del hipoclorito se obtuvo lo siguiente:

La determinación de cantidad de cloro a dosificar fue calculada mediante la ecuación 3, donde se tomó una temperatura de 15°C con un pH de 7.

Valor de K en mg.min/l para plantas con eliminación menor del 90% del COL. TOTAL		
15°C		
C dosis de cloro mg/l	pH 7	Tiempo de contacto en minutos
1	50	50

Para calcular el tiempo de contacto se usó la ecuación 4, en donde se obtuvo:

$$t_c(\text{min}) = 50 \text{ minutos} \approx 1 \text{ hora}$$

Para calcular el volumen del tanque de contacto se usó la ecuación 5, en donde se obtuvo:

$$V_C = 6.93 m^3$$

Este volumen es completamente necesario para obtener una desinfección NO menor al 90% de coliformes totales que se encuentren en el cuerpo hídrico.

Después se realizó el cálculo del volumen del tanque de almacenamiento tomando en cuenta la ecuación 6, dando como resultado:

$$V_T = 5 * 5 * 2,4 = 60 m^3$$

Ya que tenemos el resultado del volumen del tanque procedemos a realizar el cálculo del tiempo del contacto usando la ecuación 7, dando como resultado:

$$tc = \frac{(60)m^3}{(0.1386)m^3/min} = 432,9 min = 7,22 hora$$

Como siguiente resultado se obtuvo el volumen de agua considerando 15 días de ingreso, se determinó el mismo con la ecuación 8, dando como resultado:

$$V_{H2O} = (2,31 l/s * 1296000s) = 2993760 L$$

Una vez calculado el volumen del agua se procede a sacar resultados del cálculo del peso del cloro, en este caso teniendo en cuenta que el hipoclorito de calcio está en el 70%, se utilizó la ecuación 9, dando como resultado:

$$P_{CaClO_2} = 4276,8g$$

Como resultado se pesa 4276,8 g de hipoclorito de calcio en donde se mezcla con agua para obtener la solución clorada, Como recomendación en memorias técnicas el tanque debe ser de 600L para almacenar la solución madre, así como también se necesita un tanque dosificador de 40 L. Para realizar el cálculo de la solución madre se toma en cuenta que esta debe ser menor a 5000 ya que si es mayor presenta daños en la tubería como obstrucciones por cristalización de cloro, donde:

$$V_{tc} = 598,752 L$$

Luego de obtener el cálculo del volumen de la solución madre procede a realizar el cálculo por goteo para regular el equipo, para esto se usa la ecuación 10, dando como resultado:

$$Qg = 27,72 \frac{mL}{min}$$

La planta de tratamiento contiene un sistema de floculación, en donde debe ser analizado para que vuelva a funcionar, los tanques sedimentadores se encuentran en mal estado, si los floculadores se ponen en marcha el sistema de floculación puede funcionar en donde los tanques sedimentadores permitan sedimentar los flóculos y el tiempo de retención sea el correcto.

La planta de tratamiento cuenta con filtros lentos en donde están completamente rotos y no pueden seguir su función sin embargo se realiza el proceso del hipoclorador por goteo en el cual se presentan los siguientes resultados:

Tabla 13 Resultados del Hipoclorito

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO EN LA COMUNIDAD DE SAN ANTONIO DE PUNGUE					
CAUDAL	TIEMPO DE CONTACTO	VOLUMEN TANQUE DE SOLUCIÓN	DOSIS DE CLORO mg/L	PESO DEL HIPOCLORITO DE CALCIO AL 70%	CAUDAL DE GOTEO
2,31 l/s	50 min	250 L	1 mg/l	4276,8	27,72 ml/min

3.4 Socialización del proyecto con la comunidad.

Este proyecto será presentado a la comunidad de San Antonio de Pungue una vez aprobado, se dará a conocer los siguientes puntos:

- Introducción
- Objetivos
- Metodología
- Resultados
- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencia Bibliográfica
- Anexos.

4 CONCLUSIONES

- En la actualidad el sistema de tratamiento se encuentra abandonado y no ha tenido ningún proceso de operación y mantenimiento desde su construcción.
- Se evidencia que la línea de conducción y red de distribución no están completamente en buen estado por lo cual el exceso de maleza afecta a la estructura del sistema y este no funciona correctamente.
- La contaminación del agua en San Antonio de Pungue, nos permite evidenciar que por actividades desarrolladas en la zona como agricultura y ganadería afecta altamente a la composición física, biológica y microbiológica del agua por desbordes de parcelas.
- Los análisis in-situ fueron tomados en la planta de tratamiento y tanque de distribución ya que todo el sistema no tiene ningún tratamiento de desinfección y el agua es la misma.
- En base a los efectos del índice de calidad de agua existe gran demanda de fosfatos, nitrógeno amoniacal, coliformes fecales y totales, esto nos indica que el agua no debe ser consumida por la población ya que no cumple los criterios de calidad de agua.
- Los microorganismos que se encuentran en el agua pueden causar graves afecciones a la salud de los moradores.
- La planta de tratamiento se encuentra en mal estado y esta afecta a la calidad de agua potable, contaminando gravemente el agua por las condiciones en las que se encuentra.
- Se concluye que el sistema de agua potable en base a la calidad debe ser repotenciado para desinfección con el sistema existe.
- Se evidenciaron problemas en el tanque de distribución donde se encuentran organismos vivos que habitan en el tanque.

5 RECOMENDACIONES

- Se debe implementar un programa de capacitación a los pobladores de la comunidad con el propósito de evitar más contaminación a las fuentes de agua.
- Con los resultados obtenidos se recomienda que se necesita de manera urgente la implantación del sistema propuesto de desinfección para el bienestar de la comunidad.
- Se recomienda realizar análisis de caracterización de agua para conocer la calidad del agua y si la desinfección está funcionando.
- Se recomienda la limpieza profunda de las instalaciones del sistema de agua potable como la captación, planta de tratamiento, y tanque de distribución.
- Se recomienda la habilitación de la Planta de tratamiento para la remoción de materia orgánica existente en todo el sistema.
- Se recomienda que en la zona del tanque de distribución la caseta de desinfección no se use como bodega.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [B.-M. Renato, S.-O. Luis, G.-O. Betty y Pedro, «Revista Ciencia UNEMI,» Septiembre 1 2016. [En línea]. Available:
] <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiQ49qyoaj1AhXLSdABHRLzDolQFnoECAQQAQ&url=https%3A%2F%2Fdiagonalnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F5774767.pdf&usg=AOvVaw3wTkJKvh8APzVAyRINuqcs>.
- [F. G. S. Diaz, «AGUA EL ORO AZUL,» 2017. [En línea]. Available:
2 <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiJ0-CYp6j1AhWiQTABHd11AFcQFnoECAUQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.xeologosdelmundo.org%2Fwp-content%2Fuploads%2F2015%2F01%2FAgua-el-oro-azul-2%25C2%25AA-edici%25C3%25B3n-2017>.
] <http://www.xeologosdelmundo.org%2Fwp-content%2Fuploads%2F2015%2F01%2FAgua-el-oro-azul-2%25C2%25AA-edici%25C3%25B3n-2017>.
- [A. N. d. agua, «ana,» 2021. [En línea]. Available:
3 <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjZ2eSRpKj1AhUVtTEKHYG-BIsQFnoECAIQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ana.gob.pe%2Fcontenido%2Fque-es-el-derecho-al-agua&usg=AOvVaw2oquqTI237TJ8hVf4e7oJF>.
] <https://www.ana.gob.pe%2Fcontenido%2Fque-es-el-derecho-al-agua&usg=AOvVaw2oquqTI237TJ8hVf4e7oJF>.
- [A. Nacional, «Ediciones Legales,» 05 Agosto 2014. [En línea]. Available:
4 www.fielweb.com.
]
- [L. M. Sanjuan, «Agua Cruda,» 17 Julio 2019. [En línea]. Available:
5 https://as.com/deporteyvida/2019/07/17/portada/1563359170_277056.html.
]
- [E. Etecé, «Editorial Etecé,» 2013-2021. [En línea]. Available: <https://concepto.de/agua-6-potable/>.
]
- [L. F. Zarza, «iagua,» 18 11 2021. [En línea]. Available:
7 <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-contaminacion-agua>.
]
- [O. M. d. I. Salud, «Guías para la calidad del agua de consumo humano,» WHO Graphics, 8 Suiza, Impreso en Perú, 2018.
]
- [ONU-Agua, «ONU,» 2020. [En línea]. Available:
9 <http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/17/conceptos-sobre-monitoreo-de-calidad-de-agua/>.
]
- [SNET, «Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales,» 2010. [En línea].
1 Available: www.snet.gob.sv.
0
]
- [NSF, «Indicadores de Calidad del agua,» 28 11 2013. [En línea]. Available:
1 <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fimnologiauniquindio.files.wordpress.com%2F2013%2F03%2F3adndices-de-calidad-de-agua.pdf&psig=AOvVaw2Gyneb06lNwX17DAfAovHn&ust=1645733827366000&source=images&cd=vfe&ved=0CAwQjhxqFwoTCODAt7bSlvYCFQAAAAAdAAA>. [Último acceso:
23 Febrero 2022].
- [J. E. Rodó, «Aguas Urbanas,» 17 Noviembre 2018. [En línea]. Available:
1 <http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/17/conceptos-sobre-monitoreo-de-calidad-de-agua/>.
2
]
- [I. L. d. Vargas, «PROCESOS UNITARIOS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO,» 2007. [En

1 línea]. Available:

3 <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwixafCmqj1AhXsSjABHY3WCv8QFnoECAMQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.ingenieroambiental.com%2F4014%2Ftres.pdf&usg=AOvVaw1UVSv4c2dPwCoEF8czruc>.

[G. A. D. P. R. d. Quiroga, «PDOT QUIROGA,» Octubre 2015. [En línea]. Available:

1 https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjlVL4mP9_L0AhVeVTABHYFyBOIQFnoECBEQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.imbabura.gob.ec%2Fphocadownloadpap%2FK-Planes-programas%2FPDOT%2FParroquial%2FPDOT%2520QUIROGA.pdf&usg=AOvVaw2fxlCSIMe-cX8.

[B. J. Angie Lopez, «Manual de Operacion y mantenimiento,» 2016. [En línea]. Available:

1 <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiHrefExJb2AhXMQjABHeUiA78QFnoECBsQAQ&url=https%3A%2F%2Frepository.udistrital.edu.co%2Fbitstream%2Fhandle%2F11349%2F4195%2FAnexo%2520-%2520Manual%2520de%2520operacione>. [Último acceso: 23 Febrero 2022].

[A. Baños, «Aire, Agua y Legionella,» 24 Diciembre 2018. [En línea]. Available:

1 <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-del-agua-potable>.

]

[J. L. Towers, «LENNTECH,» 2021. [En línea]. Available:

1 <https://www.lenntech.es/turbidez.htm>.

7

]

[labomersa, «¿Por qué es importante DQO (Demanda Química de Oxígeno) y DBO

1 (Demanda Biológica de Oxígeno) en análisis de aguas?,» 14 Septiembre 2021. [En línea].

8 Available: <https://labomersa.com/2021/09/14/por-que-es-importante-dqo-demanda-quimica-de-oxigeno-y-dbo-demanda-biologica-de-oxigeno-en-analisis-de-aguas/>.

[Unibague, «Química Ambiental,» Agosto 2014. [En línea]. Available:

1 <https://sites.google.com/a/unibague.edu.co/quimica-ambiental-02/agua/parametros-quimicos>.

9

]

[D. d. Q. Analítica, «Scielo,» Marzo 2003. [En línea]. Available:

2 http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932003000100014.

0

]

Los Anexos se muestran a continuación:

ANEXO I. TURNITING

ANEXO II. Plan de Muestreo

ANEXO III. Formato de Encuestas.

ANEXO IV. MEMORIA TÉCNICA

ANEXO I

Tesis Michelle Narváez

by MICHELLE ESTEFANIA NARVAEZ GUEVARA

Tesis Michelle Narváez

ORIGINALITY REPORT

10%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

2%

STUDENT PAPERS

ANEXO II

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

**PLAN DE MUESTREO DE CALIDAD DEL AGUA PARA EL
CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD SAN ANTONIO DE
PUNGE, QUIROGA**

Tesista: Michelle Narvárez

Diciembre de 2021

1. ANTECEDENTES

La comunidad rural San Antonio de Punge forma parte de la parroquia de Quiroga. Tiene un área de 512 768 ha (Prefectura de Imbabura, 2018). Consta de un sistema de abastecimiento convencional. La comunidad consta de aproximadamente 57 familias, con un promedio de 5 integrantes por familia (GAD Parroquial de Quiroga, 2015).

San Antonio de Punge tiene balance con un sistema a gravedad de agua entubada que es conducida desde la fuente natural, en este caso una microcuenca a un tanque de almacenamiento hasta un tanque de distribución del agua para el consumo humano. El tanque de abastecimiento abastece a otras comunidades incluida la que se está estudiando. No cuenta con ningún tratamiento de desinfección, solo cuenta con un filtro artesanal ubicado en el tanque de distribución.

El análisis del agua de consumo humano permitirá verificar las condiciones del agua, una vez evaluado se propondrá alternativas que mejoren el abastecimiento de agua segura para la comunidad.

2. OBJETIVO

Evaluar la eficacia del agua en la comunidad San Antonio de Punge en el sistema de abastecimiento de agua potable.

3. CARACTERÍSTICAS

- a) **Captación:** la fuente de captación es una microcuenca ubicada en la comunidad Cambugán, la captación se encuentra aproximadamente a 30 minutos de la fuente. Consta de dos tomas que desbordan en el tanque de captación. A primera vista se puede observar la turbidez del agua debido a la gran cantidad de sedimentos. (Anexo 1)
- b) **Planta de tratamiento (tanque de almacenamiento):** Se halla ubicada en la comunidad de San Nicolás, aproximadamente a 2 horas de caminata de la captación. En la planta de tratamiento no existe ningún control de calidad de agua por parte de algún operador, por lo cual actualmente no se encuentra en funcionamiento, cuenta con un filtro artesanal improvisado para evitar la turbidez, sin embargo, no ha logrado su objetivo. (Anexo 2)
- c) **Tanque de distribución:** Se encuentra ubicado en la parte superior de la comunidad, tiene un acceso con facilidad, el tanque no tiene ningún tratamiento por lo cual el agua no es idónea para el consumo humano, en el mismo se encuentran vectores, microorganismos, patógenos que sobresaltan a la calidad de agua y en sí a la salud de las personas ya que es el agua que se les distribuye a la comunidad. (Anexo 3)

4. CONDICIONES CLIMATOLÓGICA

La captación se encuentra rodeada de bosques muy húmedos montañosos, así como también se observa deslizamiento de tierras que provoca sedimentación en la misma causando grave influencia sobre el recurso hídrico, con décimas que oscilan los 9° y 15°C, mientras que las precipitaciones varían de 1000 a 1300 mm anuales.

5. PUNTOS DE MUESTREO

Se considera:

- Captación de agua cruda.
- Tanque de almacenamiento existente.
- Tanque de Distribución.

Fuente: microcuena, toma de muestra directa sin adoptar medios especiales de drenaje.

Tanque de captación, almacenamiento y distribución: en un frasco dentro del tanque hasta una profundidad de 15 a 30 cm, evitar tocar con la pared.

6. PROGRAMA DE MONITOREO

Este plan permite conocer la determinación de agua cruda de la comunidad, dando bases actuales para proponer medidas de calidad de agua para consumo humano.

7. ESTUDIOS PRELIMINARES.

Se basa en conocer toda la información existente para llevar un proceso efectivo en la localidad dando a conocer los datos reales de la distribución de agua en toda condición para la comunidad.

8. MATERIALES Y NUMERO DE MUESTRAS A TOMAR.

El personal que realizará el muestreo en la comunidad San Antonio de Punge, por protocolos de seguridad integral e higiene deberán usar lo siguiente:

- Mandil
- Guantes.
- Zapatos de punta de acero o botas.
- Mascarillas KN95.
- Gafas.
- Alcohol.

Materiales:

- Recipientes de plásticos esterilizadas
- Jarra aforada
- Cuerda
- Equipo de medición en campo.
- Cadena de resguardo, cuaderno de anotaciones y esfero.

Este estudio se realizado en dos fases, in situ y laboratorio.

Las muestras in situ se tomaron en ese momento ya que se usaron instrumentos de campo, se tomaron 7 muestras de agua en la captación, tanque de almacenamiento y tanque de distribución.

EQUIPO	PARÁMETROS
pH- metro TERMO SCIENTIFIC	pH, Temperatura
Turbidímetro	Turbidez
Multiparametro	Conductividad
Multiparámetro	O.D
Medidor de flujo ultrasónico	Velocidad de flujo
Medidor de caudal	Caudal
GPS	

Equipos para medición *in situ*

Las muestras para laboratorio serían las mismas, pero estas deben conservarse en un lugar bajo 0° ya que no deben perder la concentración de parámetros que tienen. (7 muestras)

9. INDICADORES ANALIZAR EN LABORATORIO

Indicadores Biológicos

Muestra microbiológica

- Tomar la muestra a un calado de 20 a 30 cm.
- Las botellas para las muestras deben ser de vidrio y deben estar desinfectados. Se debe dejar un espacio para aireación y mezcla del frasco.

Indicadores Orgánicos

Demanda Química de Oxígeno

- Frasco o botella de plástico
- Neutralizar o limpiar el frasco o botella tres veces
- Al despojar la muestra se debe llenar totalmente el frasco y tapar inmediatamente.

- No se requiere preservantes y no se debe congelar la muestra de agua.

Parámetros fisicoquímicos

- Frascos o botella de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpio.
- Capacidad de 1/2 litro.
- Enjuagan tres veces
- Preservar y conservar en coolers a 4 °C.

10. ACTIVIDADES PREVIAS DE MUESTREO

- Preparar los materiales y equipos con anticipación.
- Verificar la conservación de muestras y su traslado.
- Tener un itinerario de actividades para la realización de parámetros.
- Revisión y monitoreo de equipos como también químicos para las muestras.

11. CADENA DE CUSTODIA

Registrará la información desde la toma de muestra en la captación hasta la entrega de muestra en el laboratorio.

12. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La medición de los parámetros en el laboratorio será comparada con el TULSMA y se verifica o procede a realizar las mejoras de la fuente para el consumo humano de agua en la comunidad.

13. PARÁMETROS

Parámetros de medición in situ

Parámetro	Expresado como	Unidades	Límite permisible tratamiento convencional	Límite permisible desinfección
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80 % del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Conductividad	Us/cm		1000	500
Potencial Hidrógeno	pH		6-9	6-9
Temperatura		°C	Situación Natural + o - 3 grados	
Turbiedad		UTN	100	

Parámetros de medición en laboratorio

Parámetro	Expresado como	Unidades	Límite permisible tratamiento convencional	Límite permisible desinfección
Sólidos Totales Disueltos	SDT	mg/l	1 000	
Sólidos Totales en suspensión				
Sólidos sedimentables				
Nitratos	N-Nitrato	mg/l	10,0	10,0
Nitritos	N-Nitrito	mg/l	1,0	1,0
Flúor				
Arsénico	As	mg/l	0.05	0.05
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500	500
Alcalinidad				
Conductividad				
Acidez				
Demanda Biológica de oxígeno	DBO ₅	mg/l	2	2
Demanda Química de oxígeno	DQO			
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3000	50*
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600	
Hierro	Fe	mg/l	1.0	0,3
Manganeso	Mn	mg/	0.1	0,1
Fosfatos				
Sulfatos	SO ₄ =	mg/	400	250

BIBLIOGRAFÍA

Norma Técnica Ecuatoriana INEN. 2013. «Calidad de agua, manejo, muestreo y conservación de muestras.» Recuperado 16 de junio de 2021.

GAD Parroquial de Quiroga. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Quiroga 2015-2019*. Cotacachi: Prefectura de Imbabura.

Prefectura de Imbabura. (2018). Obtenido de Visor Geográfico:

<https://www.imbabura.gob.ec/index.php/componente-territorial/visor-geografico>

ANEXOS



Imagen 3 Captación



Imagen 4 Tanque de almacenamiento



Imagen 5 Tanque de Distribución

ANEXO III



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
Tecnología Superior en Agua y Saneamiento Ambiental
“DESARROLLO DE PROPUESTAS DE MEJORAS AL SISTEMA DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA DE SAN ANTONIO DEL PUNGE, QUIROGA”

Encuesta sobre la calidad y servicio del agua en la comunidad San Antonio del Punge



Nombre: _____

Encuesta N°: _____

- 1. ¿Cuántas personas habitan en la vivienda?**

- 2. Su vivienda cuenta con**
 - a) Fosa séptica
 - b) Cueva
 - c) Conexión a red de alcantarillado
- 3. ¿Cómo elimina normalmente la basura en su hogar?**
 - a) La recoge un proveedor de servicios formal
 - b) La recoge un proveedor de servicios informal
 - c) Se elimina en un espacio específico para la eliminación de residuos
 - d) Se elimina en el patio o la parcela del hogar
 - e) Se entierra o quema
 - f) Se elimina en otro lugar
 - g) No lo sabe
- 4. ¿Cuál es su principal fuente de agua para su consumo?**
 - a) Agua de tubería
 - b) Agua de un manantial
 - c) Agua de lluvia
 - d) Agua embotellada
 - e) Sequía o vertiente
- 5. ¿Cuáles son las actividades principales en la que utiliza agua?**
 - a) Alimentación
 - b) Higiene
 - c) Agricultura
 - d) Industria
 - e) Ganadería
- 6. ¿Usted conoce de dónde proviene el agua para su comunidad?**
 - a) SI
 - b) NO
- 7. Califique la calidad de agua de grifo en su comunidad**
 - a) Excelente
 - b) Buena
 - c) Regular
 - d) Muy mala
- 8. Ha recibido alguna información sobre el servicio de agua y la calidad de esta los últimos meses.**
 - a) SI
 - b) NO
- 9. ¿Ha sufrido alguna enfermedad por consumir el agua de su comunidad?**
 - a) Infección intestinal
 - b) Gastritis
 - c) Dolor de Cabeza
 - d) Deshidratación
 - e) Resequedad de la piel
 - f) Otros
Ninguno de los anteriores
- 10. ¿Usted conoce sobre el tratamiento que tiene el agua antes de llegar a su hogar?**
 - a) SI
 - b) NO
- 11. ¿El agua que usted consume presenta sabor, color y olor característico?**
 - a) SI
 - b) NO

12. ¿Qué métodos emplea habitualmente para que resulte más seguro beber el agua?

- a) Hervirla
- b) Filtro Casero (pañó)
- c) Filtro de agua (cerámico, de arena, compuesto, etc.)
- d) Dejarla reposar
- e) Otro
- f) Ninguno de los anteriores

13. ¿En la zona cercana a la fuente usted sabe si existe alguna actividad que afecten la calidad del agua?

- a) Parcelas Agrícolas
- b) Zonas Forestales
- c) Centro recreacional (parque)
- d) Actividad Agrícola y Ganadera
- e) Otros
- f) Ninguno

14. ¿Usted cree que la cantidad de agua que llega a su vivienda es suficiente para todos los miembros de la familia?

- a) Si
- b) No

15. ¿En algún momento su hogar no contó con agua para consumo suficiente cuando la necesitaban?

- a) Sí, en al menos una ocasión
- b) No, siempre contamos con agua suficiente
- c) No lo sabe

16. ¿Cuándo ha tenido interrupciones o cortes en el servicio de agua, cuáles han sido los motivos?

- a) Daños en la infraestructura (tuberías)
- b) Mantenimiento
- c) Demora de pago

17. En caso de interrupción cuanto tiempo tarda para reponer el servicio

- a) 24 horas
- b) 2 días
- c) 3 o más días

18. ¿Cómo califica usted las instalaciones y estructuras del sistema de abastecimiento?

- a) Excelente
- b) Bueno
- c) Malo

19. Usted cree que el aporte económico es el adecuado al servicio que ofrece

- a) Si
- b) No

20. ¿Cuenta su hogar con un depósito temporal de almacenamiento de agua?

- a) SI
- b) NO

21. ¿En qué hora del día consume mayor cantidad de agua?

- a) Día
- b) Tarde
- c) Noche

ANEXO IV

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

**MEMORIA TÉCNICA DE CALIDAD DEL AGUA PARA EL
CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD SAN ANTONIO DE
PUNGE, QUIROGA**

Tesista: Michelle Narváez

Febrero de 2022

ÍNDICE

ÍNDICE	13
RESUMEN	14
INTRODUCCIÓN	14
Objetivo general	16
Objetivos específicos	16
METODOLOGÍA	16
Visita técnica	16
Encuestas	16
Puntos Georreferenciados de muestreo.	16
Plan de muestreo	17
Análisis in-situ.	17
Análisis de laboratorio	18
Propuestas de mejoramiento a la calidad del agua.....	20
Hipoclorador por goteo.	20
RESULTADOS	21
Localización.	21
Evaluación de la calidad de agua del sistema de abastecimiento.	22
COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON NORMA VIGENTE.	¡Error! Marcador no definido.
PUNTO DE MUESTREO, PLANTA DE TRATAMIENTO: ¡Error! Marcador no definido.	
PUNTO DE MUESTREO, TANQUE DE DISTRIBUCIÓN: ¡Error! Marcador no definido.	
Sociabilización del proyecto con la comunidad.	34
CONCLUSIONES	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
RECOMENDACIONES	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>

RESUMEN

El presente proyecto de titulación valora la calidad de agua para el dispendio del recurso hídrico en la comunidad de San Antonio de Pungue, inicia con la primera visita técnica para la recopilación de datos e información base, además se realizó levantamiento de puntos georreferenciados para conocer los puntos a muestrear.

Los lugares de muestreo fueron: captación, planta de tratamiento y tanque de distribución, después se procedió a realizar los análisis in-situ en dichos puntos, se analiza parámetros de temperatura, oxígeno disuelto, turbidez, pH, color, olor, sabor, conductividad eléctrica, medición de caudales.

Después de los análisis in-situ en una segunda visita técnica con la obtención de datos realizados se presentó una encuesta a los moradores la cual contiene preguntas que se adaptan a la realidad de la población para conocerla percepción en cuanto conocen del agua.

Una vez realizadas las encuestas con el permiso la junta de agua de la colectividad se procedió a la recolección de muestras con base en el plan de muestreo realizado, para realizar los análisis en laboratorio tomando consideraciones de almacenamiento, etiquetado, temperatura, transporte, entre otras.

Una vez analizados todos los parámetros del sistema se procedió a comparar los rangos en base a la normativa INEN 1108:2011 y el Libro VI, Anexo I del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, determinando que el agua contiene una gran cantidad de coliformes fecales según los datos procesados y esta no está en dentro de los rangos normados.

Con estos datos se procedió a realizar las propuestas para el plan de mejora como la limpieza total del sistema, implementación del hipoclorador por goteo para darle un tratamiento de desinfección económico y sobre todo de calidad para que el agua sea consumida.

Al final se realizó la exposición de una mención técnica en la cual se encuentran los resultados de los análisis de muestras y propuestas a la comunidad de San Antonio de Pungue para llevar a cabo la implementación de estas mejoras.

PALABRAS CLAVE: calidad, consumo, muestreo, parámetros, normativa, hipoclorador.

INTRODUCCIÓN

El agua es un componente esencial y necesario para la vida, esta se usa para preparar alimentos, para beberla, para regar cultivos, entre otros, este suministro es accesible para cualquier persona, así como también proporciona habitualmente su consumo y requiere de procesos de potabilización para no causar daño a la vida y salud humana. A lo largo del tiempo se da a conocer que el 71% del ámbito del planeta está revestida de agua, en donde 0,75% que corresponde a 8 millones de km³ es solo de agua dulce, se divide tanto en aguas superficiales y subterráneas, mientras el 0,2% se conoce que flota en la atmósfera. [1]

El agua es conocida como el “oro azul” debido a los problemas por escasez del recurso hídrico por el mundo, ya que la tierra está concertada por un 3% de agua dulce y un 97% de agua salada, en donde el 2% se encuentra en estado sólido en los glaciares y solo el 1% se encuentra superficialmente. [2]

El agua para consumo humano debe ser sin riesgo, es decir, que su consumo, no ocasione ningún riesgo para la salud o perjudique la vida diaria de las personas. El agua debe ser completamente adecuada para todos los usos habituales en cada día, así como también se incluye la higiene o el saneamiento. Las personas pueden ser más o menos vulnerables dependiendo de donde se encuentren o en qué calidad de vida estén, entonces las personas pueden presentar un completo riesgo para contraer enfermedades que son transmitidas por el agua, debemos tener cuidado en especial con seres que recién van a ver la vida como son los lactantes y los niños de mínima edad, así como también las personas con enfermedades graves o que viven en condiciones antihigiénicas. [3]

San Antonio de Punge, es una comunidad rural indígena, perteneciente a la Parroquia de Quiroga en Imbabura, la misma tiene un sistema de gravedad de agua entubada que es conducida desde la fuente natural hasta un tanque de distribución para su consumo.

El presente proyecto trae como fin una propuesta para el progreso en la calidad del agua, técnicas de potabilización y el manejo del agua segura en el consumo de esta en la comunidad San Antonio de Punge, Quiroga, además se presenta propuestas de tratamiento para el consumo humano y finalmente la vinculación con la entidad para satisfacer las necesidades básicas hídricas en la zona.

Objetivo general

Desarrollar una propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua para la comunidad San Antonio de Pungue, Quiroga.

Objetivos específicos

Levantar información base del proyecto.

Evaluar la calidad del agua del sistema de abastecimiento.

Proponer posibles sistemas de tratamiento o mejoras a los sistemas actuales para mejorar la calidad del agua.

Socializar el proyecto con la comunidad.

METODOLOGÍA

Visita técnica

Se realizó el recorrido en la zona para conocer los puntos a muestrear teniendo el permiso de acceso a la ubicación por parte de la junta de agua potable de la comunidad, llegando a conocer la línea de conducción y distribución de este recurso hídrico en el área de estudio delimitada y así facilitar el levantamiento de información base, recolección de muestras, evaluación del sistema de tratamiento actual y socialización con la comunidad.

Se realizó la visita de campo en la comunidad de San Antonio de Pungue, llevando los materiales suficientes para realizar el muestreo in-situ de parámetros de la calidad de agua en la misma para conocer el estado físico, químico, biológico, del agua.

Encuestas

Se realizó el estudio mediante encuestas en la comunidad de San Antonio de Pungue el sábado 4 de diciembre del 2021 en una reunión con el consejo de la comunidad, en donde se dio lectura a las preguntas referentes a conocer la realidad de consumo de

agua, así como también se entregó hojas impresas para registrar sus respuestas. Posteriormente se transfirió los resultados a una hoja de cálculo para hacer el análisis respectivo de la situación que está pasando la comunidad.

Se realizó el levantamiento de puntos georreferenciados usando el GPS de marca GARMIN, de toda la zona a analizar, realizando el recorrido en toda la conducción del sistema de distribución de agua potable.

El sistema este compuesto de Captación, planta de tratamiento y tanque de almacenamiento.

Plan de muestreo

Consiste en analizar cada punto de muestreo ya sea en laboratorio o in-situ, se consideró la conservación, transporte y almacenamiento de la muestra para que la misma sea representativa y no tenga fallos en su análisis y lectura de resultados.

Dentro del plan de muestreo se consideró:

- Preparación de materiales.
- Selección de puntos a muestrear.
- Análisis de campo.
- Toma de muestras.
- Recolección de muestras.
- Preservación de muestras.
- Sellar y etiquetar los recipientes.
- Preservación y almacenamiento de muestras.
- Transporte de Muestras.
- Cadena de custodia.
- Entrega de muestras en el laboratorio.

Análisis in-situ.

Para realizar el análisis o muestreo in-situ en la Captación, planta de tratamiento y tanque de almacenamiento se procedió a calibrar los equipos, como es la sonda multiparamétrica y el turbidímetro, en el sitio de muestreo, este equipo pertenece a la

ESFOT, con el mismo se midieron los siguientes parámetros: temperatura (°C), potencial de hidrógeno (pH), conductividad (mS/cm), Oxígeno Disuelto (OD) mg/L, sólidos totales disueltos (g/L), salinidad (ppt), entre otros.

Para llevar a cabo los análisis mencionados se realizó:

- Calibración de la sonda, bañándola en agua destilada para no obtener datos erróneos, y los electrodos y sensores estén completamente limpios.
- Se procedió a homogenizar la jarra, lavándola 3 veces para la toma de muestra y previamente introducir la sonda.
- Recolectar la muestra en la jarra.
- Introducir la sonda para realizar los análisis correspondientes.
- En un corto tiempo se obtuvieron resultados o valores estables de la sonda multiparamétrica.
- Registro de medidas o datos que proporcione el equipo.

También se procedió a medir la turbiedad (NTU), utilizando el turbidímetro HACH, en donde:

- Se procedió a la calibración del turbidímetro.
- Se verificó que las celdas estén completamente limpias para realizar el análisis.
- Se colocó una celda con agua destilada para homogenizar el material.
- Se colocó la muestra de agua de los puntos dichos para realizar la medición.
- Registro de datos arrojados por el turbidímetro.

Análisis de laboratorio:

Se realizó una tercera visita técnica para tomar las muestras a ser medidas en los puntos 2 y 3 que son la Planta de tratamiento y el tanque de distribución para ser llevadas a laboratorio, para este análisis se siguieron los respectivos pasos del Plan de muestreo realizado para esta localidad, el plan de muestreo se encuentra en el anexo II.

Las muestras fueron llevadas y tratadas con forma a la norma técnica NTE INEN 2169 Agua, la cual se desarrolló para muestreo, conservación, transporte, manejo y sobre todo calidad de agua.

En el laboratorio se realizaron los siguientes ensayos:

Tabla 14 Ensayos de laboratorio.

Nombre del ensayo	Unidades	Técnica y equipos
Nitritos	mg/L (NO ₂ -)	Espectrofotometría, equipo HACH DR 1900.
Nitratos	mg/L (NO ₃ -)	Espectrofotometría, equipo HACH DR 1900.
Fosfatos	mg/L (PO ₄ ³⁻)	Espectrofotometría, equipo HACH DR 1900.
Sulfatos	mg/L (SO ₄ ²⁻)	Espectrofotometría, equipo HACH DR 1900.
Hierro	mg/L (Fe)	Espectrofotometría, equipo HACH DR 1900.
Manganeso	mg/L (Mn)	Espectrofotometría, equipo HACH DR 1900.
Amonio	mg/L	Espectrofotometría, equipo HACH DR 1900.
DQO	mg/L	Espectrofotometría, Digestor de DQO, equipo HACH DR 1900.
DBO ₅	mg/L	Laboratorio CICAM.
Solidos Totales	mg/L	Método gravimétrico, Mufla, disecador, etc.
Solidos Disueltos	mg/L	Método gravimétrico, Mufla, disecador, etc.
Solidos Volátiles	mg/L	Método gravimétrico, Mufla, disecador, etc.
Coliformes Fecales y totales	NMP/ 100 mL	Laboratorio CICAM.

Para el proceso de análisis en el laboratorio se utilizó el manual de análisis para agua Hach, cada método tiene su procedimiento, en donde dicta:

- Volumen de muestra.
- Blanco para el análisis.

- Programa correspondiente para cada parámetro.
- Reactivos para utilizar.
- Procedimiento y tiempo de cada análisis.

Se realizó el análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en donde:

- Los parámetros químicos fueron directamente medidos sin tener consecuencia alguna siguiendo paso a paso cada método.
- Se determino el DQO usando dos celdas de reactivos para la muestra y una más usada como blanco.
- Se procedió a usar el digestor durante 2 horas para su reacción.
- Se determino los valores de DQO dejando enfriar media hora y proceder a ser leídos por el espectrofotómetro.
- Se procedió realizar solidos totales y suspendidos en el laboratorio LDIA.
- Se utilizo 50 mL de la muestra para solidos totales y 100 mL de la muestra para solidos suspendidos.
- Para sacar valores totales de solidos usaremos la ecuación:

$$ST\left(\frac{mg}{L}\right) = SS + SD$$

Ecuación 1 Formula Solidos Totales

Donde:

ST= Solidos totales.

SS=Solidos suspendidos

SD= Solidos disueltos.

- En cuanto al análisis de coliformes fecales y totales, se enviaron muestras de agua cruda de cada punto a analizar al laboratorio CICAM.

Propuestas de mejoramiento a la calidad del agua.

Se considera que para mejorar la calidad de agua se deben establecer propuestas de la manera más simple y completa posible para tener un tratamiento y calidad del más alto rango.

Con base a los resultados de la caracterización de agua, evaluación de calidad y también de los elementos levantados mediante las operaciones unitarias que existen en

la planta de tratamiento actual se harán mejoras para que el sistema sea repotenciado y pueda funcionar de la mejor manera, así como también se implementara el hipoclorador por goteo.

Hipoclorador por goteo.

Durante la visita técnica se pudo observar que existe un hipoclorador que se encuentra sin uso alguno, pero el mismo se encuentra en un estado crítico, para el cálculo de este sistema se tomó en cuenta que es un equipo muy económico y de fácil uso, así como también mejora la calidad del agua para consumo humano, este hipoclorador es de carga constante con una solución de cloro para eliminar los microorganismos que se encuentran en el recurso hídrico.

Se debe realizar el cálculo de la dosis de desinfectante para no pasar el límite de concentración y no afectar a la salud de las personas.

RESULTADOS

Localización.

San Antonio de Punge, es una comunidad rural que se halla ubicada en la parroquia de Quiroga en el cantón Cotacachi en Imbabura, este sector posee bosques húmedos y tiene amplia variedad de vegetación. Su extensión es de 512.768 ha. Esta limitada al norte con la quebrada de Cuicocha y al sur con la comunidad Cumbas Conde, así como también al este con la comunidad San José de Pungue y al oeste con la comunidad San Nicolás. [14]

Información del Sistema de Abastecimiento de Agua.

La captación está construida de forma rectangular y es hecha a base de hormigón. Esta se encuentra cercada por una puerta de acero y alambre de púas, las cuales no permiten el ingreso a la zona por personas. Consta de dos partes que son: almacenamiento de agua y tanque de válvulas de control. A la captación solo pueden ingresar la persona encargada de operar la misma, el presidente de la comunidad y el dueño del terreno en el que se encuentra el recurso hídrico. [14]

Desde la zona de captación por el punto de sondeo de la línea de conducción, el agua es dirigida a una planta de tratamiento que está en la zona de San Nicolas, la cual es transportada por gravedad, la planta de tratamiento se encuentra abandonada sin ser utilizada por los moradores de la comunidad, esta ocupa un espacio de 2, 805. 84 m². La entrada de la tubería es de 4". [14]

Posteriormente se hizo el muestreo en la planta de tratamiento, en donde esta fue creada con la finalidad de abastecer a la comunidad agua potable de alta calidad, pero esta no cumple con su función, la misma se encuentra abandonada y completamente llena de vectores y ramales que dañan su infraestructura. Así como también todo proceso para potabilizar el agua se encuentra deshabilitado, en las operaciones unitarias. [14]

Evaluación de la calidad de agua del sistema de abastecimiento.

A continuación, se presenta detalladamente los datos de todos los parámetros valorados in-situ y en laboratorio.

Con la información recaudada en la visita técnica se observó que el lugar consta de dos fuentes naturales que se unen y forman una sola microcuenca del río Cambugán que sería la toma de captación de esta comunidad, en esta área se identifican desbordes de tierra que modifican los parámetros básicos del agua, se observa además que el deslizamiento de la misma ocasiona sedimentación en el cuerpo hídrico, la zona está en muy malas condiciones por lo que inmediatamente y a simple vista se observa que el agua no puede ser usada para consumo humano ya que presenta un color amarillento y residuos en la misma.

A continuación, se presenta detalladamente los datos de todos los parámetros valorados in-situ y en laboratorio.

Con la información recaudada en la visita técnica se observó que el lugar consta de dos fuentes naturales que se unen y forman una sola microcuenca del río Cambugán que sería la toma de captación de esta comunidad, en esta área se identifican desbordes de tierra que modifican los parámetros básicos del agua, se observa además que el deslizamiento de la misma ocasiona sedimentación en el cuerpo hídrico, la zona está en muy malas condiciones por lo que inmediatamente y a simple vista se observa que el agua no puede ser usada para consumo humano ya que presenta un color amarillento y residuos en la misma.

El punto de muestreo en la captación se puede observar en la figura 2 e ilustración 3.

En la captación existe desbordes de tierra, en donde el agua se contamina y la puerta

de acceso esta bloqueada.



Figura 6 Captación, vista exterior.

El sitio de la captación se encuentra en estado crítico, o posee un control adecuado para el funcionamiento.



Figura 3 Captación, vista interna.

La planta de tratamiento se puede observar en la figura 4 e figura 5.

En la planta de tratamiento no había acceso a la instalación, esta se encuentra abandonada.



Figura 4 Planta de Tratamiento, vista exterior.

Las operaciones unitarias de la planta de tratamiento no están en funcionamiento, el mal uso de las instalaciones hizo que la planta en vez de ayudar a la mejora del sistema de calidad de agua, empeoro la situación ya que no hay quien controle el sitio y como se puede observar los tanques sedimentadores contienen vida acuática, en este caso hay renacuajos y algas que se han formado con el paso del tiempo.



Figura 5 Planta de tratamiento, vista interna.

El tanque de almacenamiento de la poblacion se observa en la figura 6 e figura 7. El tanque de almacenamiento esta a un costado de la planta de tratamiento, para su acceso se realizo el pedido a los dueños del terreno que ocupaban el lugar, una vez accedido a sitio se observo que el tanque estaba en su mayor limite, asi como tambien

contenia microrganismos.



Figura 6 Tanque de distribución, vista exterior.

El tanque de distribución esta lleno de sapos, renacuajos en donde altera la calidad de agua, teniendo material suspendido al fondo de este.



Figura 7 Tanque de distribución, vista interna.

COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON NORMA VIGENTE.

PUNTO DE MUESTREO, PLANTA DE TRATAMIENTO:

ANÁLISIS IN-SITU:

Tabla 15 Análisis In-situ, Planta de tratamiento.

Parámetro	Unidad	Valor Obtenido	Límite máximo permisible (INEN)	Límite máximo permisible (TULSMA)	RANGO (Aceptable o sobrepasa)
Turbiedad	NTU	13,3	5	100,0	
Temperatura	°C	16,80	--	--	-----
Potencial de Hidrogeno	pH	6,45	--	6-9	
Oxígeno Disuelto	OD	4,57	--	--	-----
Conductividad		0,010	--	--	-----

Los parámetros tomados en campo son comparados con la normativa vigente, en este caso se tiene una turbiedad alta, esto quiere decir que en el agua existe partículas en suspensión lo cual es la concentración de virus, bacterias y muchos más microorganismos patógenos que son difíciles de eliminar sin tener un tratamiento.

A simple vista se observó que el agua no era transparente y contenía partículas que altera la calidad de agua.

ANÁLISIS EN LABORATORIO:

Tabla 16 Análisis en laboratorio, Planta de tratamiento.

Parámetro	Unidad	Valor Obtenido	Límite máximo permisible (INEN)	Límite máximo permisible (TULSMA)	RANGO (Aceptable o sobrepasa)
Nitritos	mg/L (NO ₂ ⁻)	0,002	0,2	0,2	
Nitratos	mg/L (NO ₃ ⁻)	0,2	50,0	50,0	
Fosfatos	mg/L (PO ₄ ³⁻)	0,28	--	--	-----
Sulfatos	mg/L (SO ₄ ²⁻)	34	--	500	
Hierro total	mg/L (Fe)	1,5	--	1,0	

Manganeso	mg/L (Mn)	0,104	0,4	--	
Amonio	mg/L	0,27	--	--	----
DQO	mg/L	16	--	<4	
DBO₅	mg/L	<2	--	<2	
Solidos Totales	mg/L	192	--	--	----
Solidos Suspendidos	mg/L	11	--	---	----
Solidos Disueltos	mg/L	181	--	--	----
Coliformes Fecales	NMP/ 100 mL	23	< 1,1	1000	
Coliformes Totales	NMP/ 100 mL	43	--	--	

Los parámetros realizados en laboratorio son comparados con la normativa vigente en donde el Hierro Total sobre pasa el rango y esto afecta al cuerpo hídrico, el agua es consumida por los moradores y esto trae mal sabor, en caso de usar la ropa para lavado la mancharía y sobre todo causa deficiencia en la salud provocando anemia a las personas y producir lodos.

El DQO detecto que el agua contiene materia orgánica degradando la muestra, así se supo que el agua está contaminada en exceso.

Los Coliformes Fecales y Totales se pasan del rango, esto quiere decir que existe presencia de heces en el agua en donde hay materia orgánica, el agua no tiene ningún tratamiento y no puede ser usada para consumo humano.

PUNTO DE MUESTREO, TANQUE DE DISTRIBUCIÓN:

ANÁLISIS IN-SITU:

Tabla 17 Análisis In-situ, Tanque de distribución.

Parámetro	Unidad	Valor Obtenido	Límite máximo	Límite máximo	RANGO (Aceptable)
------------------	---------------	-----------------------	----------------------	----------------------	--------------------------

		o	permissibl e (INEN)	permissibl e (TULSMA)	o sobrepasa)
Turbiedad	NTU	7,21	5	100,0	
Temperatura	°C	16,34	--	--	---
Potencial de Hidrogeno	pH	7,24	--	6-9	
Oxígeno Disuelto	OD	3,89	--	--	----
Conductivida d		0,010	--	--	-----

Los parámetros tomados en campo son comparados con la normativa vigente, en este caso se tiene una turbiedad alta, esto quiere decir que en el agua existe partículas en suspensión lo cual es la concentración de virus, bacterias y muchos más microorganismos patógenos que son difíciles de eliminar sin tener un tratamiento.

A simple vista se observó que el agua no era transparente y contenía partículas que altera la calidad de agua.

ANÁLISIS EN LABORATORIO:

Tabla 18 Análisis de laboratorio, Tanque de distribución

Parámetro	Unidad	Valor Obtenido	Límite máximo permisible (INEN)	Límite máximo permisible (TULSMA)	RANGO (Aceptable o sobrepasa)
Nitritos	mg/L (NO ₂ -)	0,013	0,2	0,2	
Nitratos	mg/L (NO ₃ -)	0,7	50,0	50,0	
Fosfatos	mg/L (PO ₄ ³⁻)	0,37	--	--	----
Sulfatos	mg/L (SO ₄ ²⁻)	0	--	500	-----
Hierro	mg/L (Fe)	1,2	--	1,0	
Manganeso	mg/L (Mn)	0,069	0,4	--	
Amonio	mg/L	0,29	--	--	-----
DQO	mg/L	28	--	<4	

DBO₅	mg/L	<2	--	<2	----
Solidos Totales	mg/L	182	--	--	----
Solidos Suspendidos	mg/L	13	--	--	----
Solidos Disueltos	mg/L	169	--	--	----
Coliformes Fecales	NMP/ 100 mL	6,9	--	1000	
Coliformes Totales	NMP/ 100 mL	1,2	--	--	

Los parámetros realizados en laboratorio son comparados con la normativa vigente en donde el Hierro Total sobre pasa el rango y esto afecta al cuerpo hídrico, el agua es consumida por los moradores y esto trae mal sabor, en caso de usar la ropa para lavado la mancharía y sobre todo causa deficiencia en la salud provocando anemia a las personas y producir lodos.

El DQO detecto que el agua contiene materia orgánica degradando la muestra, así se supo que el agua está contaminada en exceso.

Los Coliformes Fecales y Totales se pasan del rango, esto quiere decir que existe presencia de heces en el agua en donde hay materia orgánica, el agua no tiene ningún tratamiento y no puede ser usada para consumo humano.

Índice de calidad de agua.

En el procesamiento de datos del índice de calidad de agua se tomaron los siguientes parámetros,

PUNTO DE MUESTREO, PLANTA DE TRATAMIENTO:

Tabla 19 ICA, Planta de tratamiento

PARÁMETRO	RESULTADO DE ANÁLISIS	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)
Turbiedad (13,3)	0,7049	100
Potencial de Hidrogeno	6,45	88,3

Oxígeno Disuelto	4,57	46,2
Conductividad Eléctrica	10	225,6
Nitratos	0,2	100
Fosfatos	0,28	61,5
DBO5	1	100
Solidos Disueltos	181	100
Solidos Suspendidos	11	100
Coliformes Fecales	2,3	50,42
Coliformes Totales	4,3	65,76
Nitrógeno amoniacal	0,27	71,8

ICA FORMULA GENERAL:

ICA 83,42093232

Los resultados de ICA demuestran que la calidad de agua es BUENA, entrando en un rango de 71-90, pero sin embargo se debe realizar el tratamiento de desinfección ya que como contiene gran demanda de coliformes fecales y totales, esta es muy perjudicial para la salud de las personas.

PUNTO DE MUESTREO, TANQUE DE DISTRIBUCIÓN:

Tabla 20 ICA, Tanque de distribución

PARÁMETRO	RESULTADO DE ANÁLISIS	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)
Turbiedad (7,21)	0,38213	100
Potencial de Hidrogeno	7,24	100
Oxígeno Disuelto	3,89	39,29
Conductividad Eléctrica	10	225,6
Nitratos	0,7	100
Fosfatos	0,37	54,06
DBO5	1	100

Solidos Disueltos	169	100
Solidos Suspendidos	13	100
Coliformes Fecales	6,9	37,48
Coliformes Totales	1,2	92,82
Nitrógeno Amoniacal	0,29	70,03

ICA 83,00908147

En el tanque de distribución la calidad del agua es BUENA, entrando en rango de 71-90, en este tanque existe vida acuática por no tener el tratamiento adecuado de desinfección y abastecimiento a la comunidad.

Propuesta de mejora de calidad de agua.

Realizar actividades de limpieza y desinfección en la Captación:

- Limpiar toda la estructura externa e interna de la captación y lo que le rodea.
- Se debe retirar completamente toda el agua de la cámara de captación para sacar todo el material sedimentado.
- Limpiar las paredes al interior y exterior de la cámara y todos sus componentes.

Conocer la estructura del reservorio para un mejor tratamiento ya que no tiene acceso y la sedimentación de materia es arrastrada hacia la planta de tratamiento y al mismo tiempo al tanque de distribución.

Actividad de limpieza y desinfección en la planta de tratamiento.

- Limpieza, operación y mantenimiento de toda la planta de tratamiento.
- Implementar un sistema de desinfección como es el hipoclorador por goteo en la zona.

Para la planta de tratamiento se propone la mejora en las operaciones unitarias que esta tiene:

Tabla 21 Propuesta Operaciones unitarias

Sistema de floculación	Para este sistema se debe hacer un análisis referente a la factibilidad de todo el diseño, hacer mantenimiento a todo el
-------------------------------	--

	<p>canal de ingreso ya que se encuentra en corrosión y hay mucha basura que no permite el paso del caudal como es debido. Este sistema debe estar en óptimas condiciones para flocular todas las partículas que se encuentren en el agua, y formen una masa de gran cantidad y tamaño, debe fluir muy lentamente para no romper los flóculos, se debe revisar siempre el estado de todo el sistema de floculación, la estructura debe estar en óptimas condiciones para que no altere el caudal de ingreso y que garantice el floc suficiente, después se da paso a la sedimentación. [15]</p>
<p>Tanques de sedimentación</p>	<p>Estos tanques tienen aglomeración de materia orgánica, microorganismos y vegetación en vida y en descomposición, los mismos no se encuentran en funcionamiento, por lo cual se requiere de un vaciado y limpieza profunda para remover toda la materia que se encuentra disuelta. Con la puesta en marcha del sistema de floculación los tanques de sedimentación en mezcla lenta irán limpiando todos floc que se encuentran en los mismos, se debe realizar la verificación e inspección del funcionamiento de las válvulas para una distribución adecuada del caudal a todos los tanques, así como también se debe verificar la turbiedad del agua si se esta removiendo o no, mediante la verificación de la infraestructura si tiene daños o fugas que ocasione problemas. [15]</p>
<p>Filtros</p>	<p>En la planta de tratamiento existe la</p>

	<p>filtración lenta por lo cual debe remover toda la materia mediante capas de arena para su drenaje, los lechos filtrantes so como brazos largos de pvc que se encuentran en mal estado, están rotos y deben cambiarse, se debe realizar una inspección de remoción de todo el sistema, tener en cuenta el volumen de agua para lavar todos los filtros, como operación y mantenimiento se debe mantener el filtro en buen estado, conservar el altura de agua, para este lavado se debe cerrar por completo el ingreso del agua sedimentada y del agua que sale como filtrada y abrir la válvula de desagüe y lavado. El tiempo de lavado de los filtros es de 8 a 15 min dependiendo del nivel de agua, cuando este proceso se haya realizado se debe inspeccionar el funcionamiento de los filtros y válvulas, realizando el control de calidad por medio de análisis in-situ. [15]</p>
<p>Tanque de distribución</p>	<p>Esta estructura es donde se almacena el agua y siempre pasa cubierta, se debe conocer siempre el caudal que entra, así como también conocer siempre la provisión o cantidad de cloro en el mismo, aquí también se debe verificar que no haya fugas o daños en la estructura, la caja de válvulas debe ser exclusivamente para el funcionamiento de estas, esta no debe ser usada como bodega, se debe realizar la limpieza de toda el área al exterior y al interior del tanque sin el uso de tensoactivos. [15]</p>

Hipoclorador por goteo.

Este es un sistema de desinfección, basado en la cloración del procedimiento de abastecimiento de agua, en el punto de muestreo 3, existe el tanque de distribución que posee un tanque para cloración de 250 L, pero el mismo no está en uso y la cámara de válvulas se encuentra como bodega. En la actualidad la comunidad de San Antonio de Pungue no tiene un proceso de desinfección del agua por lo cual esta sería una opción de abastecimiento de agua para consumo humano de forma segura y económica. La comunidad actual es de 353 personas aproximadamente.

Este sistema es muy fácil de manejar y manipular. La determinación del desinfectante se dio debido a los criterios señalados del rango de cloro de 0,3 a 1,5 mg/L según la NORMA INEN 1108, así como también los rangos de cloro de 0,4 mg/L a 1,4 mg/L de la NORMA EMAAP-Q.

Dada a conocer la propuesta del hipoclorito se obtuvo lo siguiente:

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO EN LA COMUNIDAD DE SAN ANTONIO DE PUNGUE					
CAUDAL	TIEMPO DE CONTACTO	VOLUMEN TANQUE DE SOLUCIÓN	DOSIS DE CLORO mg/L	PESO DEL HIPOCLORITO DE CALCIO AL 70%	CAUDAL DE GOTEO
2,31 l/s	50 min	250 L	1 mg/l	4276,8	27,72 ml/min

Socialización del proyecto con la comunidad.

Este proyecto será presentado a la comunidad de San Antonio de Pungue una vez aprobado, se dará a conocer los siguientes puntos:

- Introducción
- Objetivos
- Metodología
- Resultados
- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencia Bibliográfica
- Anexos.

CONCLUSIONES

- En la actualidad el sistema de tratamiento se encuentra abandonado y no ha tenido ningún proceso de operación y mantenimiento desde su construcción.
- Se evidencia que la línea de conducción y red de distribución no están completamente en buen estado por lo cual el exceso de maleza afecta a la estructura del sistema y este no funciona correctamente.
- La contaminación del agua en San Antonio de Pungue, nos permite evidenciar que por actividades desarrolladas en la zona como agricultura y ganadería afecta altamente a la composición física, biológica y microbiológica del agua por desbordes de parcelas.
- Los análisis in-situ fueron tomados en la planta de tratamiento y tanque de distribución ya que todo el sistema no tiene ningún tratamiento de desinfección y el agua es la misma.
- En base a los efectos del índice de calidad de agua existe gran demanda de fosfatos, nitrógeno amoniacal, coliformes fecales y totales, esto nos indica que el agua no debe ser consumida por la población ya que no cumple los criterios de calidad de agua.
- Los microorganismos que se encuentran en el agua pueden causar graves afecciones a la salud de los moradores.
- La planta de tratamiento se encuentra en mal estado y esta afecta a la calidad de agua potable, contaminando gravemente el agua por las condiciones en las que se encuentra.
- Se concluye que el sistema de agua potable en base a la calidad, debe ser repotenciado para desinfección con el sistema existe.
- Se evidenciaron problemas en el tanque de distribución donde se encuentran organismos vivos que habitan en el tanque.

RECOMENDACIONES

- Se debe implementar un programa de capacitación a los pobladores de la comunidad con el propósito de evitar más contaminación a las fuentes de agua.
- Con los resultados obtenidos se recomienda que se necesita de manera urgente la implantación del sistema propuesto de desinfección para el bienestar de la comunidad.
- Se recomienda realizar análisis de caracterización de agua para conocer la calidad del agua y si la desinfección está funcionando.
- Se recomienda la limpieza profunda de las instalaciones del sistema de agua potable

como la captación, planta de tratamiento, y tanque de distribución.

- Se recomienda la habilitación de la Planta de tratamiento para la remoción de materia orgánica existente en todo el sistema.
- Se recomienda que en la zona del tanque de distribución la caseta de desinfección no se use como bodega.