

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD SAN JOSÉ “EL TABLÓN” ALTO, PARROQUIA PIFO.**

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

**ESTEFANY ALEJANDRA RIVERA ASAMAT**

estefany.rivera@epn.edu.ec

**IRENE BELÉN VÁSQUEZ CAIZA**

irene.vasquez@epn.edu.ec

**DIRECTOR: ING. SANDRA PATRICIA PANCHI JIMA, Mgs.**

patricia.panchi@epn.edu.ec

**CODIRECTOR: ANA LUCIA BALAREZO AGUILAR PhD**

ana.balarezo@epn.edu.ec

**Quito, Julio 2021**

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por las Srtas Rivera Asamat Estefany Alejandra y Vásquez Caiza Irene Belén como requerimiento parcial a la obtención del título de Tecnólogo en Agua y Saneamiento Ambiental, bajo nuestra supervisión.

---

**ING. PATRICIA PANCHI, M.Sc.**

**DIRECTOR**



---

**ANA BALAREZO PhD**

**CODIRECTOR**

## **DECLARACIÓN**

Nosotros, Rivera Asamat Estefany Alejandra y Vásquez Caiza Irene Belén, con CI: 1724526189 y 1726841909 declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entregamos toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.

---

**ESTEFANY ALEJANDRA RIVERA  
ASAMAT**

---

**IRENE BELÉN VÁSQUEZ  
CAIZA**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo dedico a aquellos quienes me han soportado, aguantado y apoyado todo el transcurso académico, tanto a mis familiares como amigos.

En especial a mis padres que a pesar de las complicaciones del destino me alentaron en continuar, a mis hermanos quienes me alteraban en ciertas ocasiones, pero siempre estuvieron presentes en las buenas y en las malas, a mi mascota que solo con su presencia me ha tranquilizado en momentos de estrés por la incertidumbre e inquietud de mi mente.

**Rivera E.**

Dedico este proyecto a Dios quien ha sido fundamental para cada paso de mi vida y con su amor me ha ayudado a seguir adelante.

A mi papi Wilson y mami Elena por darme la fuerza suficiente para continuar con mi objetivo, los amo.

A mis hermanas Ana y Paola que son mis mejores amigas que han estado conmigo siempre.

A Miguel por su amor, apoyo, ánimos en cada etapa y no dejar que me dé por vencida en lograr lo que más quiero, lo quiero un montón.

A Victor por ser mi mejor amigo, no dejarme sola y haberme ayudado en toda mi carrera hasta lograr mi objetivo.

**Belén Vásquez**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco desde el fondo de mí ser a Dios todo poderoso por fortalecer mi espíritu y mente.

Agradezco a mi compañera de tesis quien me ha colaborado y compartido en todo este tiempo su amistad y compañerismo.

También a mis profesores quienes han sembrado sus conocimientos y valores en mi persona, que a pesar de los tropiezos no han perdido la paciencia. A mi directora y subdirectora de tesis quienes nos han dado su voto de confianza.

Muchas gracias al personal del CICAM por permitirme realizar las prácticas en sus instalaciones.

A Freddy, amigo de la familia quien nos ha brindado su colaboración cuando necesitábamos transporte, también a Miguel por ser nuestro acompañante en los últimos procesos de vista a la comunidad y a los dirigentes del barrio El Tablón quienes fueron muy amables, atentos y nos han recibido con las puertas abiertas.

A mis padres por brindarme el apoyo económico, aunque no compartimos mucho tiempo, a mis hermanos por hacerme reír en el encierro de la cuarentena. Gracias a todos y espero que todos tengan éxito en sus vidas.

**Rivera E.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi padre Dios por darme siempre su amor cuando más lo he necesitado.

Agradezco a mis papis por su amor, energía positiva y todas las risas que me sacaron para que me anime hasta el final de mi carrera.

Agradezco a mis hermanitas por sus consejos, su apoyo, su cariño para que me levante y no me de por vencida en los momentos más difíciles.

Agradezco a Miguel por estar conmigo, haberme enseñado muchas cosas, motivarme a seguir, por toda su ayuda, amor y apoyo que ha sido lo más hermoso y especial para mí.

Agradezco a Victor por todo lo que hizo por mi siempre, no haberme dejado sola en mis momentos más difíciles, por su ayuda y apoyo incondicional ya que es alguien que admiro y respeto.

Agradezco a Estefany por su paciencia, cariño, su gran amistad, apoyo de siempre que lo he necesitado para no darme por vencida y lograrlo juntas.

Agradezco a la Ing. Patricia Panchi por su apoyo, paciencia, motivación durante la carrera y el proyecto.

Agradezco a la doctora Ana Balarezo por su apoyo, ayuda y estar pendiente de nosotras hasta finalizar el proyecto.

Agradezco a Freddy por ayudarnos con el proyecto cuando más lo necesitábamos.

Agradezco a las lindas personas del barrio “El Tablón” por todo el apoyo, cariño, ayuda que nos brindaron en todo el tiempo que fuimos.

Agradezco a todos mis profesores de la ESFOT por enseñarme muchas cosas y lecciones de vida.

**Belén Vásquez**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del Problema.....	2
1.3 Justificación .....	3
1.4 Objetivos .....	4
2 MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 Calidad del agua en entornos rurales .....	5
2.2 Parámetros a monitorear .....	8
2.3 Muestreo .....	12
2.4 Infraestructura hidráulica para distribución de agua potable en zonas rurales 15	
2.5 Normas técnicas ambientales aplicables .....	17
2.6 Métodos de desinfección de agua cruda en zonas rurales.....	18
2.7 Estrategias del uso racional del agua .....	19
2.8 Manual de mantenimiento.....	20
2.9 Mantenimiento .....	20
3 METODOLOGÍA .....	21
3.1 Muestreo y Análisis de Parámetros .....	21
3.2 Evaluación de la calidad del agua de la fuente .....	46
3.3 Propuesta de mejora en el mantenimiento del sistema de abastecimiento ...	50
3.4 Elaboración del manual para la gestión del recurso hídrico .....	51
3.5 Socialización de resultados .....	51
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
4.1 Análisis de encuestas .....	53
4.2 Evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos .....	64
4.3 Evaluación de calidad en la fuente .....	77
4.4 Comparación de resultados con la normativa vigente.....	78
4.5 Propuesta para el mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano aplicable a la comunidad .....	81
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
5.1 Conclusiones .....	88
5.2 Recomendaciones.....	89
BIBLIOGRAFÍA.....	91
ANEXOS .....	97

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros físicos	8
Tabla 2. Parámetros químicos	9
Tabla 3. Parámetro microbiológico	11
Tabla 4. Métodos de desinfección de agua cruda	18
Tabla 5. Ubicación de puntos de muestreo	24
Tabla 6. Información Tanque de Captación	30
Tabla 7. Información Tanque de almacenamiento	31
Tabla 8. Información Tanque de distribución	31
Tabla 9. Preservación de muestras para análisis en laboratorio	33
Tabla 10. Parámetros analizados	34
Tabla 11. Parámetros analizados in situ	34
Tabla 12. Cálculo de sólidos disueltos totales y sólidos suspendidos	39
Tabla 13. Volumen requerido para DBO en relación al DQO	41
Tabla 14. Ponderación de los parámetros	46
Tabla 15. Escala de color para determinar el índice de calidad de agua	48
Tabla 16. Determinación de Q (l/s). en relación al tiempo y volumen	49
Tabla 17. Número de personas de la población encuestada	53
Tabla 18. Número de personas encuestadas por cada vivienda	54
Tabla 19. Rango de edad de los integrantes de cada familia encuestada	55
Tabla 20. Servicios básicos en las viviendas de la comunidad	56
Tabla 21. Nivel de educación de la población encuestada	57
Tabla 22. Actividades de la población encuestada	58
Tabla 23. Número de personas enfermas en la población encuestada	59
Tabla 24. Tipos de enfermedades en la población	60
Tabla 25. Bono de desarrollo humano en la población	61
Tabla 26. Comparación de resultado con normativa colombiana	70
Tabla 27. Comparación de resultados con normativas ecuatorianas	76
Tabla 28. Resultado de la evaluación ICA	77
Tabla 29. Evaluación ICA de la fuente	78
Tabla 30. Comparación de resultados con normativa vigente	81
Tabla 31. Descripción de derivados del cloro	83
Tabla 32. Características de filtros	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo hidrológico.....	6
Figura 2. Ubicación geográfica de la comunidad San José "El Tablón" .....	21
Figura 3. Relieve de San José "El Tablón".....	22
Figura 4 Ubicación geográfica de las coordenadas en la comunidad .....	23
Figura 5. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.....	25
Figura 6. Distancia de la fuente a la comunidad "El Tablón".....	25
Figura 7 Esquema de distribución de agua.....	26
Figura 8. Perfil de puntos de muestreo .....	27
Figura 9. Fuente "Ojo de agua" .....	27
Figura 10. Tanque de captación .....	28



Figura 11. Tanque de almacenamiento .....	29
Figura 12. Tanque distribución .....	29
Figura 13. Comunidad el San José "El Tablón" .....	30
Figura 14. Medición de O.D. <i>in situ</i> .....	36
Figura 15. Medición de pH <i>in situ</i> .....	36
Figura 16. Peso de crisol en balanza analítica .....	38
Figura 17. Filtración de muestra de agua .....	38
Figura 18. Colación de muestras en el reactor para DQO.....	40
Figura 19. Colocación de Oxitop en la incubadora .....	42
Figura 20. Determinación de PO <sub>4</sub> en el laboratorio LDIA.....	43
Figura 21. Determinación de fluoruro en el laboratorio LDIA.....	43
Figura 22. Medición de Mn en el espectrofotómetro.....	44
Figura 23. Digestión de Nitrógeno orgánico (Kjeldahl).....	45
Figura 24. Destilación de Nitrógeno orgánico (Kjeldahl).....	45
Figura 25 Valoración de Nitrógeno orgánico (Kjeldahl).....	45
Figura 26. Determinación de SO <sub>4</sub> en el laboratorio LDIA.....	46
Figura 27. Fórmulas para cálculo de subíndice de cada parámetro .....	47
Figura 28. Medición de caudal en la fuente .....	50
Figura 29. Socialización de resultados con la comunidad .....	52
Figura 30. Población encuestada en la comunidad .....	54
Figura 31. Número de personas por vivienda.....	55
Figura 32. Porcentaje de edades de los integrantes por cada familia .....	56
Figura 33. Servicios básicos en las viviendas .....	57
Figura 34. Nivel de educación de la población .....	58
Figura 35. Actividades de los habitantes .....	59
Figura 36. Problemas en la salud de los habitantes .....	60
Figura 37. Tipos de enfermedades en la población.....	61
Figura 38. Bono de desarrollo humano de la población.....	62
Figura 39. Resultados de conductividad.....	65
Figura 40. Resultados de temperatura.....	66
Figura 41. Resultados de turbiedad .....	67
Figura 42. Resultados de oxígeno disuelto .....	67
Figura 43. Resultados de potencial de hidrógeno.....	68
Figura 44. Resultados sólidos disueltos totales.....	69
Figura 45. Resultados del color real.....	70
Figura 46. Resultados de ensayo hierro total .....	71
Figura 47. Resultados de manganeso .....	72
Figura 48. Resultados de fosfato .....	73
Figura 49. Resultados de ensayo DQO .....	74
Figura 50. Resultados de ensayos DQO y DBO <sub>5</sub> .....	75
Figura 51. Resultados de Nitritos.....	75
Figura 52. Resultados de nitratos .....	76
Figura 53. Tanque para filtración .....	85
Figura 54 Esquema de propuesta de mejoramiento de sistema de tratamiento.....	85
Figura 55. Filtro de arena .....	87

## RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de consumo humano en la comunidad San José “El Tablón” alto en la parroquia Pifo, por medio de encuestas, visitas al campo, fotografías de los puntos de muestreo, recolección y análisis de las muestras del agua para el consumo humano de la comunidad.

El proyecto inició con una visita a la comunidad para conocer el lugar, la población servida por el sistema de abastecimiento y la aplicación de una entrevista informal sobre las necesidades de la comunidad. Seguidamente se visitó nuevamente a la comunidad para la realización de las encuestas donde se levantó información sobre servicios básicos, situación económica y nivel educativo. También se identificó y ubicó los puntos a muestrear.

A finales del mes de febrero se realizó la recolección de muestras en los puntos establecidos, donde se llevó a cabo el análisis *in situ* y el transporte de las muestras a los laboratorios para la determinación de la calidad física, química y microbiológica, del agua. Los puntos de muestreo, en la fuente, tanque de captación, tanque de distribución, tanque de almacenamiento y dos viviendas ubicadas en los puntos más alejados de la distribución de la comunidad. También se realizó la medición del caudal en la fuente.

Los resultados obtenidos de los respectivos ensayos se evaluaron y compararon con las normativas establecidas del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente, Libro VI, Anexo 1 y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN-1108:2011.

Se determinó la calidad del agua de la comunidad San José conforme a los resultados cumple con los parámetros de calidad del agua es apta para su consumo humano a pesar de no contar con ningún tratamiento previo, se elaboró un manual de gestión de recursos hídricos y mantenimiento del sistema. Se finalizó con una socialización del proyecto a los dirigentes de la comunidad sobre el mantenimiento de los tanques y fuentes hídricas.

**Palabras claves:** calidad del agua, caudal, muestreo, ensayos, captación, límites máximos permisibles, manual de recursos hídricos y mantenimiento de tanques.

## **ABSTRACT**

The objective of this project was to evaluate the quality of water for human consumption in the San José “El Tablon” community, high in the Pifo parish, through surveys, field visits, photographs of the sampling points, collection and analysis of the samples of the water for human consumption in the community.

The project began with a visit to the community to know the place, the population served by the supply system and the application of an informal interview on the needs of the community. The community was then visited again to carry out the surveys where information was collected on basic services, economic situation and educational level. The points to be sampled were also identified and located.

At the end of February, the samples were collected at the established points, where the in situ analysis was carried out and the samples were transported to the laboratories to determine the physical, chemical and microbiological quality of the water. The sampling points, at the source, catchment tank, distribution tank, storage tank and two houses located at the points furthest from the community distribution. The flow measurement at the source was also carried out.

The results obtained from the respective tests were evaluated and compared with the established regulations of the Unified Text of Secondary Environmental Legislation, Book VI, Annex 1 and the Ecuadorian Technical Standard NTE-INEN-1108: 2011.

The water quality of the San José community was determined according to the results, it complies with the parameters of water quality, it is suitable for human consumption despite not having any previous treatment, a manual for the management of water resources and maintenance was prepared. of the system. It was concluded with a socialization of the project to the community leaders on the maintenance of the tanks and water sources.

**Keywords:** water quality, flow, sampling, tests, catchment, maximum permissible limits, manual of water resources and tank maintenance.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El agua es vital para la vida, pero millones de personas en el mundo no tienen acceso a este recurso ya que es escaso; por eso buscan diariamente para obtener agua de consumo humano y en especial satisfacer sus necesidades básicas. El agua además del consumo humano también es necesaria para la agricultura (Naciones Unidas, 2005).

Una mínima parte en el planeta es potable, esto quiere decir que se lo puede utilizar para consumo humano, alimentación y uso doméstico. Para que el agua sea potable debe pasar por un tratamiento de potabilización para que esté libre de material de origen orgánico, inorgánico, sustancias biológicas o radioactivas que pueden afectar la salud de los humanos (Banús & Bertrán, 2010).

La comunidad de San José “El Tablón” está ubicada en la parroquia de Pifo, nororiente del Distrito Metropolitano de Quito, se extiende sobre una superficie de 5463,14 hectáreas, las principales actividades de la población es agricultura, ganadería, porcino para ello tienen gran demanda hídrica para consumo humano, satisfacer sus necesidades básicas, cultivos y animales de la comunidad.

La población se abastece de agua entubada proveniente de una fuente localizada en el páramo superior de la pesca deportiva “Pisciandes”, el agua es captada de un ojo de agua subterránea en un tanque, recorre por otra tubería hasta el tanque de almacenamiento ubicado en la parte norte de la comunidad, después pasa por otra tubería hasta el tanque de distribución y se distribuye a los habitantes.

El presente trabajo pretende brindar información sobre la calidad de agua, técnicas para el mejoramiento y manejo de agua segura para la población disminuyendo enfermedades, el mantenimiento y conservación adecuado de tanques de agua, además de propuestas técnicas que ayuden a la comunidad con el tratamiento de agua para su consumo humano, finalmente la socialización con la comunidad para un manejo eficiente del agua.

## **1.1 Antecedentes**

La comunidad San José, “El Tablón” está ubicada en la Parroquia de Pifo al Nororiente del Distrito Metropolitano de Quito.

En la comunidad del Tablón el agua para el consumo de sus habitantes se obtiene a través de una captación ubicada a 3 horas de la comunidad, por el sector Peñas Blancas-LACOMS (sitio de la boca del túnel de la Empresa Metropolitana de Agua potable y Alcantarillado de Quito EMAAP-Q)(Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2015, p. 26). En las comunidades El Tablón y Mulauco los suelos moderadamente fértiles se distribuyen con mayor extensión en las partes altas.

Los suelos se usan en actividades relacionadas con la agricultura tradicional y ganadería. La agricultura por largos periodos de tiempo ha deteriorado las cualidades químicas y físicas del suelo. La falta de manejo del suelo agrícola ha disminuido su fertilidad y productividad (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2015, p. 22).

En las comunidades Cochaucó y El Tablón el clima es frío – húmedo, donde las temperaturas van desde los 12 a 18 C° (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2015, p. 25).

## **1.2 Planteamiento del Problema**

La comunidad San José, “El Tablón”, no cuenta con un sistema de agua potable y utiliza como fuente de adquisición agua entubada que trae consigo posibles enfermedades tales como, hepatitis A, polio, parasitosis por protozoarios, sobre la calidad del agua para el consumo humano que condicionan la salud de la población (Briñez et al., 2012).

El abastecimiento de agua potable a la población es un desafío ya que encontrar fuentes de captación de agua es complejo cada día por diversos factores como el crecimiento poblacional, el aumento de la frontera agrícola que afectan a la calidad de las fuentes hídricas; la falta de tratamiento del agua se relaciona con la propagación de enfermedades gastrointestinales(Briñez et al., 2012).

El barrio donde se encuentra el sistema forma parte de 8 comunas con carácter rural de la Parroquia de Pifo ubicada al Nororiente del Distrito Metropolitano de Quito, tiene 5 463,14 hectáreas y se encuentra localizada al Suroriente de la Parroquia de Pifo, en la zona alta de páramo (Granda, 2016).

La adquisición de agua de consumo humano se obtiene a través de una captación desde una vertiente (ojo de agua) después llega a un tanque de almacenamiento, el recorrido continúa a un tanque de distribución, hasta finalizar en la distribución en las viviendas. No realizan ningún proceso de desinfección, el agua de consumo es cruda, no presenta tratamiento alguno.

En el tanque de distribución existe un aparato de cloración, sin embargo, no se encuentra en operación, pero utilizan un filtro para retener los sólidos en el agua ubicada en los medidores de cada vivienda.

En la comunidad, sus principales actividades económicas son; la ganadería y la agricultura, en primer lugar, los problemas presentados en la ganadería se relacionan con la falta de agua para el consumo del ganado. Ellos utilizan el agua de consumo humano como bebida para los animales (Food and Agriculture Organization, 2002).

En “El Tablón” una minoría de la población presenta discapacidad y enfermedades como: artrosis, cáncer del estómago y dolores estomacales frecuentes (Briñez et al., 2012).

En la comunidad, la presencia de residuos orgánicos originados de las excretas de animales, produce la presencia de microorganismos patógenos que afectan a la salud humana (Guerra, 2014).

El transporte recolector ingresa cada 15 días en la comunidad, por tal razón, la mayor parte de los residuos orgánicos son dispuestos directamente en las parcelas de los comuneros y los residuos plásticos son quemados a cielo abierto generando contaminación del aire (Guerra, 2014).

### **1.3 Justificación**

El enfoque de este estudio se enmarcará en el levantamiento de información para conocer la situación actual de los aspectos físico, biótico, cultural y socioeconómico en la comunidad “El Tablón”, para localizar los principales problemas en relación al sistema de potabilización del agua y proponer

procesos técnicos de mejora para el sistema de distribución de agua con criterios teóricos de potabilización (Cabrera, 2015, p. 17).

En el marco de la gestión de los recursos hídricos en la zona de estudio se recopiló la información de análisis de calidad de agua de consumo reportada hace 3 años por parte de la comunidad y las normativas ambientales pertinentes a la elaboración de un manual de buenas prácticas para mantener la calidad del agua en el barrio “El Tablón” (Briñez et al., 2012).

La comunidad requiere agua segura, en este sentido se propondrá el uso de técnicas alternativas para el tratamiento del agua cruda. Por otro lado, el mantenimiento de la infraestructura hidráulica es necesario para asegurar la calidad y cantidad del agua de consumo humano (Ministerio del Ambiente & Ministerio de Salud Pública, 2016).

Las capacitaciones comunitarias virtuales concientizarán y motivará a la población a tomar acciones en relación a la gestión de la calidad del agua de tal manera que puedan aplicarlo en su cotidianidad (Yuquilema, 2013).

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Diagnosticar la calidad del agua en la comunidad San José “El Tablón” Alto, parroquia Pifo.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

1. Obtener información de aspectos relacionados con el medio físico, caudal de la vertiente, medio biótico, cultural y socioeconómico de la comunidad San José “El Tablón”.
2. Evaluar la calidad de agua de la fuente y proponer los procesos técnicos para el mejoramiento de la calidad del agua.
3. Elaborar un manual para la gestión del recurso hídrico en la comunidad que incluya la utilización de agua segura.
4. Realizar la socialización virtual de las propuestas técnicas para el mejoramiento de la calidad del agua y del manual para la gestión del recurso hídrico aplicable al barrio.



## **CAPÍTULO II**

### **2 MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Calidad del agua en entornos rurales**

La calidad del agua tiene un carácter cualitativo del recurso hídrico que incluye sus características físicas, químicas y biológicas, la finalidad de mantener buena calidad del agua permite que sea apta para el consumo humano y otros usos (Betancourth & Sanchez, 2019, p. 3). En función del uso que se dará al agua, se plantea que se encuentra contaminada cuando tiene cambios en su calidad que afectan su uso real, consumo humano, riego agrícola, o potencial, reutilización de aguas residuales (Aguirre, 2015, p. 17).

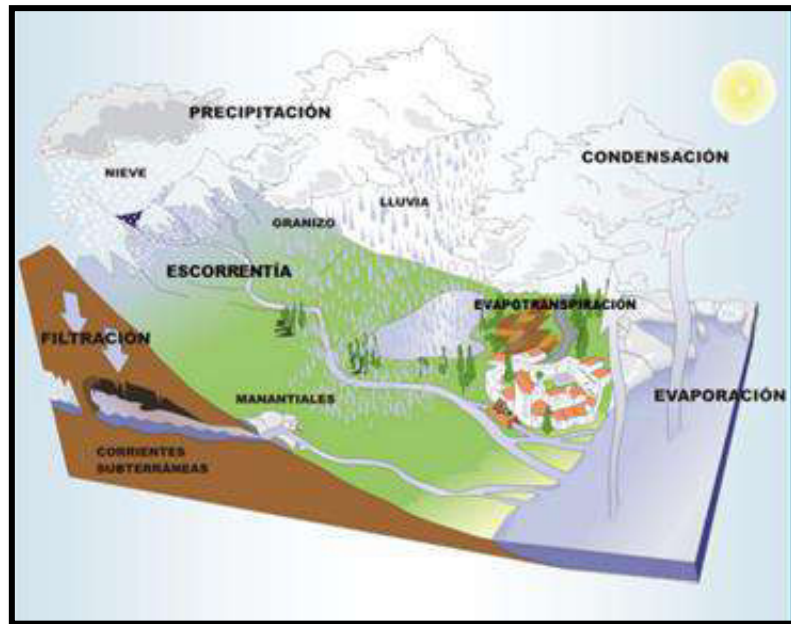
En Ecuador existen normativas otorgadas por El Ministerio del Ambiente que establecen criterios de calidad según el uso del agua por medio de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Los requisitos a cumplir se establecen en la Norma Técnica Ecuatoriana 1108 para las condiciones requeridas de agua potable (Aguirre, 2015, pp. 17-18).

##### **2.1.1 El agua y su importancia**

Es uno de los elementos abióticos más relevantes del planeta y uno de los principales componentes del entorno en que vivimos. Aproximadamente un 71% del envoltorio terráqueo está envuelto por agua en estado líquido que se distribuye por cuencas saladas y dulces formando los océanos, mares, lagunas y lagos (Banús & Bertrán, 2010, p. 9).

##### **2.1.2 Ciclo hidrológico**

El ciclo hidrológico es un proceso donde las masas del agua cambian de posición relativa y estado en el planeta. Es continuo el proceso, una molécula de agua señala un ciclo cerrado que pasa por varios estados de integración de materias diferentes. Está compuesto por 5 etapas: la evaporación, la condensación, la precipitación, la escorrentía y el transporte (Bayona, 2014).



**Figura 1.** Ciclo hidrológico

**Fuente:** (Ordoñez, 2011)

### **2.1.3 Purificación del agua**

Son métodos que ayudan a limpiar el agua para poner a disposición de las personas y lograr buenas prácticas de cuidados, así como usos del mismo. El agua pura es esencial para la sobrevivencia del ser humano (González, 2012). La purificación de agua pasa por varios procesos que son complejos, es necesario tomar en cuenta las características del tipo de agua superficial o subterránea que se va a purificar; por esta razón, se necesita preservar la calidad del agua desde la fuente para evitar problemas sociales, ecológicos y económicos (Chulluncuy, 2011). Ante la falta de agua en muchos sectores rurales, urbanos es necesario los métodos de purificación de agua.

### **2.1.4 Caudal**

Es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo (Bayona, 2014). Un caudal es el régimen hídrico que ocurre en un río, humedal o zona costera para conservar ecosistemas. Los caudales ayudan de manera decisiva a la salud de los ríos. Se puede regular el caudal con ayuda de infraestructura, como presas, o con el desvío de agua fuera del sistema, por ejemplo, con bombeo (Dyson et al., 2003, p. 3).

### **2.1.5 Uso de agua en zonas rurales y contaminante**

En las zonas rurales es común la utilización del agua en riego para el aseo del hogar, lavado, incluidos trastes y ropa, e incluso en la preparación de alimentos; pero en muchas ocasiones no cuenta con una calidad adecuada para esos fines. En las comunidades rurales los usuarios de agua es prioridad la cantidad más que la calidad, ya que una red de distribución para los usuarios de una comunidad es fundamental, lo que demuestra la importancia de equidad en comunidades (Gil et al., 2014, p. 5).

En la relación de la calidad y cantidad en estos últimos años se han deteriorado, debido al impacto ocasionado por las actividades humanas, En su mayoría la producción de aguas residuales domésticas afecta los efluentes en el instante que son descargados directamente (Castro & Pérez, 2009, p. 18).

### **2.1.6 Cosecha de agua lluvia**

Es la captación, almacenamiento fácil y económico de agua lluvia que se lo puede utilizar para producción agrícola (huertos familiares), en el consumo animal abrevadero y limpieza de los corrales) en el consumo animal abrevadero y limpieza de los corrales), y en los quehaceres domésticos (lavado de ropa y aseo de la vivienda (Ministerio del Ambiente & Ministerio de Salud Pública, 2016).

### **2.1.7 Reutilización**

Hablamos de reutilización de productos cuando le damos una nueva utilidad a un producto que deseáramos porque ya no nos sirve para su uso original, habiendo concluido su vida útil original. La reutilización contribuye a mejorar el medio ambiente ya que así se reduce la producción de nuevos bienes que demanden recursos naturales y energía, y también se evita la generación de residuos (Bayona, 2014).

### **2.1.8 Agua para el consumo humano**

El agua para el consumo humano está relacionada con la seguridad alimentaria y nutricional. El abastecimiento de las necesidades básicas de la población, primero se requiere el acceso en calidad y cantidad del agua, la cual permite su uso en las diversas actividades, incluyendo el riego en los campos de cultivo de alimentos. Las malas prácticas higiénicas y el mal aprovechamiento del recurso hídrico perjudican en la adquisición del mismo (Castro & Pérez, 2009, p. 45).

### 2.1.9 Agua potable

Solo una mínima fracción del agua de la tierra es bebible, es decir, apta para el sustento alimenticio y para el uso doméstico. El agua para ser potable debe estar exenta de sustancias o cuerpos inoportunos de origen químico, físico, biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en cantidades tales que la hacen peligrosa. El 97% del agua se encuentra en los océanos, no obstante, este es de agua salada que no se puede consumir (Banús & Bertrán, 2010, p. 12).

El agua es necesaria para el uso doméstico ya que es el más exigente, pero es necesario que tenga buena calidad y sea óptima para su consumo. La calidad del agua tiene consecuencias en la salud humana, ya que expuesta a contaminantes puede afectarla, la situación empeora con la demanda de gran cantidad de agua potable. Es importante el agua para la vida, además de la salud y una existencia productiva (Cirelli, 2012, p. 8).

### 2.2 Parámetros a monitorear

Para determinar la calidad de agua es necesario un estudio de las características físicas, químicas, microbiológicas de la fuente subterránea. Para conocer si el agua es adecuada para el consumo humano, uso agrícola, uso agropecuario, debe cumplir con los límites establecidos por: TULSMA, Libro VI, Anexo 1 (Ministerio del Ambiente, 2015), NTE INEN 1108 (Norma Técnica Ecuatoriana INEN, 2014).

#### 2.2.1 Parámetros físicos

Tabla 1. Parámetros físicos

Parámetros	Definición
<b>Color Verdadero</b>	Indica apariencia desagradable y posible presencia de sustancias orgánicas disueltas o de partículas coloidales con cargas negativas. El hierro, manganeso, los taninos, las sustancias húmicas y las algas son causas comunes del color (Chanaluiza, 2015).
<b>Sólidos disueltos</b>	Aguas con concentraciones muy altas tienen efectos laxantes y no mitigan la sed, su valor está asociado con el sabor, la corrosividad, la

	dureza e incrustaciones en las tuberías de conducción del agua (Chanaluisa, 2015).
<b>Temperatura</b>	La determinación exacta de la temperatura es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio. En estudios de polución de ríos, estudios limnológicos <sup>1</sup> y en la identificación de la fuente de suministro en pozos, la temperatura es un dato necesario (Chanaluisa, 2015).
<b>Turbidez</b>	Es la medición de dispersión de luz a través del agua por causa de materiales suspendidos y/o partículas. La materia que se encuentra suspendida en el agua es un índice de cambio en su calidad, puede ser contaminación de microorganismos y/o la existencia de sustancias inorgánicas, estas sustancias pueden estar divididas (fango, arena, arcilla). Se representa en unidades nefelométricas (UNT) (Zhen, 2009, p. 10).
<b>pH</b>	El pH del agua destinada a consumo humano se halla generalmente en valores comprendidos entre 7,2 – 7,8. Las aguas con valores de pH inferiores o iguales a 7,0 generalmente favorecen los procesos de corrosión mientras que las aguas con valores de pH superiores a 8,0 generalmente favorecen las incrustaciones calcáreas (Chanaluisa, 2015).

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

## 2.2.2 Parámetros químicos

**Tabla 2.** Parámetros químicos

<b>Parámetros</b>	<b>Definición</b>
<b>Demanda Biológica de Oxígeno</b>	Una de las principales reacciones que ocurren en aguas naturales es la oxidación microbiana o mineralización de materia orgánica. Estas reacciones demandan oxígeno, ejercido por microorganismos heterotróficos. Para determinar la concentración de materia orgánica existente en aguas es necesario un ensayo de DBO (Navarro, 2007).
<b>Demanda</b>	Se conoce como la cantidad de oxígeno que consumen los cuerpos

<sup>1</sup> Estudios limnológicos: es la ciencia que estudia los fenómenos físicos y biológicos relativos a los lagos.  
[https://hispagua.cedex.es/sites/default/files/hispagua\\_articulo/ambienta/n15/articulo8.pdf](https://hispagua.cedex.es/sites/default/files/hispagua_articulo/ambienta/n15/articulo8.pdf)

<b>Química de Oxígeno</b>	reductores que se encuentran en el agua, los organismos vivos no intervienen. Se determina el contenido total de materia orgánica que se oxida, ya se biodegradable o no (Rangel, 2017, p. 9).
<b>Hierro</b>	En aguas superficiales las concentraciones de hierro son menores de 1 mg/L y en aguas subterráneas es de 10mg/L. Las aguas con hierro al ser expuestas al aire, se hacen turbias e inaceptables por acción del oxígeno, así como la oxidación del hierro en Fe <sup>+++</sup> , los cuales forman precipitados coloidales (Chanaluisa, 2015).
<b>Manganeso</b>	El manganeso es un elemento abundante y se lo encuentra en la corteza terrestre, se distribuye en suelos, rocas, materiales biológicos y agua. Es esencial el manganeso en bajas concentraciones para el hombre y plantas, de modo que es necesario en la agricultura, sin embargo, la presencia grandes cantidades de manganeso en el agua puede tener efectos neurotóxicos <sup>2</sup> en los seres humanos (Valencia, 2011, p. 8).
<b>Nitritos</b>	Está formado de compuestos solubles formados molecularmente por nitrógeno y oxígeno. El nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) en el ambiente se convierte con facilidad en (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ). Esto quiere decir que el nitrato no se encuentra fácilmente en aguas subterráneas (Bolaños et al., 2017, p. 17).
<b>Nitratos</b>	Está formado de compuestos solubles formados molecularmente por nitrógeno y oxígeno. Es un contaminante común del agua subterránea y puede causar efectos perjudiciales para quienes lo consuman en altos niveles. El nitrato en bajas concentraciones no es perjudicial, en altas cantidades puede contaminar la fuente de agua potable. Además es necesario para el crecimiento de plantas (Water Boards, 2013).
<b>Fosfatos</b>	Se encuentra en solución como partículas o fragmentos sueltos en los organismos acuáticos. El agua de lluvia contiene diferentes cantidades de fosfatos que ingresan en suelos agrícolas. La alta concentración de fosfato contribuye al crecimiento de algas en el agua, esto genera problemas en el equilibrio ambiental(Bolaños-Alfaro et al., 2017).
<b>Arsénico</b>	Se encuentra en la atmósfera, rocas y suelo, se mueve en el

<sup>2</sup> Efectos neurotóxicos: son aquellas alteraciones funcionales, estructurales y bioquímicas producidas en el Sistema Nervioso. [https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp\\_487.pdf/29ee25da-9b1b-43c7-be49-0b0a176ef4b5?version=1.0&t=1614698355743](https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_487.pdf/29ee25da-9b1b-43c7-be49-0b0a176ef4b5?version=1.0&t=1614698355743)

	ambiente de forma natural en combinación de reacciones químicas, así como procesos antropogénicos <sup>3</sup> . El arsénico es tóxico en altas y bajas concentraciones ya que es cancerígeno para el ser humano provocando daños al sistema cardiovascular, alteraciones renales, etc (Herrera et al., 2013, p. 9).
<b>Oxígeno disuelto</b>	Es un elemento necesario para la vida acuática, el oxígeno disuelto es soluble en el agua y disminuye con la temperatura, salinidad y presión atmosférica. Este parámetro es un indicador de calidad de agua por tanto las concentraciones de oxígeno no deben ser menor al 80% (Betancourth & Sanchez, 2019).
<b>Nitrógeno Kjeldahl Total</b>	Es un indicador para los estudios medioambientales ya que es fundamental para los procesos de tratamiento, control de calidad de agua y descargas de aguas residuales en el medio ambiente. El nitrógeno es fundamental para todas las formas de vida, cambios en las concentraciones pueden afectar en la vida de los animales y plantas(Espinosa & León, 2013).

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

### 2.2.3 Parámetros microbiológicos

**Tabla 3.** Parámetro microbiológico

<b>Parámetros</b>	<b>Definición</b>
<b>Coliformes Fecales</b>	Son conocidos como termo tolerantes debido a la relación con la contaminación fecal. No son tolerantes en ambientes acuáticos, por lo tanto, no se multiplican. El Escherichia coli está presente, por tal razón el valor debe igualarse a 5 (NMP/100 ml) (Chanaluisa, 2015).

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

### 2.2.4 Índice de calidad (ICA)

Es el grado de contaminación que puede existir en el agua a partir de la fecha de un muestreo, donde se expresa en porcentaje de agua pura. En aguas muy contaminadas el ICA tendrá un valor cercano al 0%, mientras que aguas en excelentes condiciones el puntaje es del 100% (Chang, 2009).

<sup>3</sup> Procesos antropogénicos: actividad minera, uso de combustibles fósiles, pesticidas, herbicidas, desecantes, conservadores de la madera, aditivos de alimento de ganado, semiconductores, pigmentos, entre muchos otros. <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1056/1/Libro%202013-Arsenico%20en%20el%20Agua%20con%20ISBN.pdf>

## **2.3 Muestreo**

Está definido como el conjunto de técnicas y procedimientos aplicados para la recolección de una porción representativa de un volumen de agua con el objetivo de examinar las características de su composición, para lo cual se debe tener en cuenta diversas precauciones, de tal manera que las muestras no experimenten alteraciones desde el momento de su toma hasta su análisis (Norma Técnica Ecuatoriana INEN, 2014).

### **2.3.1 Plan de muestreo**

El programa de muestreo debe estar planificado para garantizar la conservación de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de las muestras de agua, por lo tanto, se deben tomar en cuenta guías establecidas por normativas, las cuales indican la información a tomar en consideración para el análisis de los diferentes parámetros (Norma Técnica Ecuatoriana INEN, 2014).

Para un apropiado procedimiento de muestreo se deben tener en cuenta ciertos aspectos o criterios de manera que las muestras tomadas sean lo suficientemente grandes para propósitos analíticos y que garanticen resultados confiables que representen la composición real del lugar de estudio.

En este trabajo la caracterización del agua en la comunidad San José “El Tablón” se realizó un muestreo en campo, siguiendo los lineamientos requeridos para obtener los resultados confiables y válidos.

Se tomaron seis muestras homogéneas y representativas, con la finalidad de conocer el estado de la calidad del agua para consumo humano, de igual forma saber la composición física, química y microbiológica en los diferentes puntos donde se muestreo.

Los ensayos se realizaron en el Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental (LDIA), el Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM) de la Escuela Politécnica Nacional y en el laboratorio LASA desde el 24 de febrero hasta el 17 de marzo del 2021, en los días miércoles y jueves.

- **Equipo de protección de personal**

El personal que realizará el muestreo en la comunidad San José “El Tablón”, por protocolos de seguridad integral e higiene deberán usar lo siguiente:



- Overoles
- Guantes de nitrilo o de caucho
- Zapatos cerrados
- Mascarillas N95 o FFP2
- Gafas protectoras
- Alcohol antibacterial
  
- **Materiales**
- GPS, cronómetro
- **Envases de plásticos esterilizados y envases de vidrio ámbar.**
- Tapas y contratapas.
- balde graduada
- Cuerda
- Equipo de medición en campo para parámetros de temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad y turbiedad.
- Reactivos y preservantes.
- Piseta con agua destilada, papel tissue.
- Hieleras.
- Cadena de custodia, libreta de campo y lapicero
  
- **Toma de muestras**
- Rotulación de frascos con la información requerida.
- Toma de muestra en dirección opuesta al flujo del hídrico tanto para aguas arriba luego aguas de abajo.
- Utilización de guantes de látex para no contaminar la muestra
- Enjuagar el frasco tres veces antes de recolectar la muestra, a excepción de muestras biológicas que se requiere la toma directa y una sola vez.
- En toma de muestra en tanques, con ayuda de un balde tomar una muestra previamente enjuagar tres veces, luego depositar en los respectivos frascos.
- Preservar la muestra en caso que lo necesite.
- Colocar los frascos en el cooler con bolsas de hielo a una temperatura de 4 °C durante el muestreo y transporte hacia el laboratorio (Sáenz, 2010, p. 6).

- **Características ambientales**

Una vez determinado el objetivo de estudio (agua potable, agua residual, superficial, subterránea, etc.), primero se debe obtener toda la información necesaria para la delimitación y caracterización del área de estudio (Sáenz, 2010, p. 5). A través de mapas y fotografías se utilizan para contemplar la información básica que son las siguientes:

- El área de la cuenca hidrográfica comprendida
- Localización y tamaño del objeto hidrográfico
- Información sobre la vegetación, hidrografía y relieve
- Datos climatológicos
- Ocupación del área

- **Selección de puntos de muestreo**

En pantanos, ríos, ojos de agua, aguas subterráneas, es necesario ubicar dos puntos de muestreo: aguas arriba y aguas abajo. En el recorrido del agua fue seleccionado para determinar la calidad de agua en el ojo de agua, tanque de captación, tanque de almacenamiento, tanque de distribución, en puntos de descarga ubicados en la primera y última casa (Sáenz, 2010, p. 8).

Estos puntos permitirán determinar:

- La calidad del agua en su recorrido desde que se capta.
- Contaminación de actividades productivas, minerales, restos de tierra, heces del medio.
- El nivel de afectación por contaminantes en la fuente y tanques.

- **Rotulación de las muestras**

La identificación de la muestra se lo realiza con cinta de embalaje y marcador, el contenido a detallar son las siguientes:

- Código de la muestra
- Hora y fecha de recolección
- Procedencia y tipo de agua
- Lugar de recolección

- Preservación que se usó

- **Preservación de la muestra**

La preservación tiene como finalidad de retardar los cambios químicos y biológicos de la muestra desde su recolección. También en la medida de los resultados analíticos sean más exactos. A continuación, los diferentes métodos de conservación: control de pH, adición de reactivos, refrigeración, etc (Sáenz, 2009, p. 6).

- **Transporte y entrega de la muestra a laboratorio**

Antes de la entrega de la muestra, se debe verificar que los frascos estén correctamente cerrados para evitar derrames. Las muestras deben ser entregadas en un lapso de 24 horas máximos desde la recolección, debe estar identificados al entregarlas al laboratorio (Sáenz, 2009, p. 6).

- **Recepción de las muestras en el laboratorio**

En la recepción de la muestra se verifica las condiciones del frasco, el volumen necesario para los análisis, si se han realizado preservación, si cumple con el límite de tiempo para la entrega de la muestra, al finalizar el cliente debe llenar la cadena de custodia (Sáenz, 2009, p. 6).

## **2.4 Infraestructura hidráulica para distribución de agua potable en zonas rurales**

### **2.4.1 Sistema de abastecimiento**

Es un sistema que permite llevar agua al consumidor tomando en cuenta buenas condiciones higiénicas, consta de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua (Gobierno de Aragón, 2012).

- **Fuente de abastecimiento**

La fuente de abastecimiento puede ser de origen superficial, subterráneo y pluvial. En la selección conveniente de la fuente se debe considerar los requerimientos de la población, la calidad y disponibilidad del agua al año, incluyendo los costos involucrados en el sistema tanto en la operación y el mantenimiento (Aricoché, 2012, p. 33).

- **Captación de agua subterránea**

La captación de agua subterránea en condiciones naturales, en su mayoría, presenta características sanitarias que es apta para el consumo humano. Por la razón de que está constituido por gravas, arenas que sirve como proceso de filtración natural (Aricoché, 2012, p. 41).

El tipo de captación de agua subterránea más conocidas son por galerías, manantiales, pozos tubulares y pozos de gran diámetro (Aricoché, 2012, p. 42).

- **Conducción**

Un sistema de conducción es el que transporta agua del sitio de captación, este puede ser por medio de bombeo, a gravedad, hasta un tanque de regulación en la planta potabilizadora. Es considerado línea de conducción al conjunto de canales, estructuras, tuberías, estructuras de operación (SIAPA, 2014a, p. 10).

- **Almacenamiento**

El almacenamiento de agua se lo realiza en tanques que ayudan a regular la diferencia de volumen cuando ingresa y sale el agua del reservorio, es necesario principalmente por la gran demanda de agua durante el día. El agua se deposita en este tanque hasta poder distribuirse (Magne, 2008, p. 156).

- **Red de distribución**

Está formado por un conjunto de tuberías, estructuras y accesorios que llevan el agua desde los tanques de distribución hasta la descarga domiciliaria o hidrantes públicos. Tiene como finalidad abastecer de agua a los usuarios para consumo doméstico, comercial, público, industrial o para mitigar con incendios (CONAGUA, 2020).

- **Línea matriz**

Este tipo de tubería sigue una línea de alimentación, de acuerdo al gasto que conduce. Esta línea va desde el tanque de distribución hasta diversas zonas, se encuentra conectada con líneas secundarias y el diámetro utilizado es de 12". Las válvulas de seccionamiento ayudan a operar y dar mantenimiento a la línea matriz, se debe considerar que la operación y mantenimiento sean económicos (SIAPA, 2014b).

### ➤ **Red secundaria**

Con las líneas primarias se puede definir las redes secundarias, son las tuberías que cubren en totalidad las calles. El diámetro de las redes secundarias es de 4 a 12", según la normativa. No se tienen que realizar conexiones domiciliarias, a excepción de consumidores con conexiones superiores a 3 pulgadas (SIAPA, 2014b).

### ➤ **Conexiones domiciliarias**

Es la conexión de servicio público en un sector urbano o espacio público, desde la red principal hasta los medidores de agua potable que llega al consumidor. Por lo general su diámetro es menor de 3 pulgadas y mayor a media pulgada (Vazquez & Heredia, 2013).

## **2.5 Normas técnicas ambientales aplicables**

### **2.5.1 Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente**

El texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA), es un decreto ejecutivo, cuya aplicación rige en todo el territorio nacional, los objetivos de esta herramienta ambiental son la protección, preservación y control de recursos naturales como agua, aire y suelos, resguardando con esto las interacciones de integridad entre seres humanos con el medio ambiente en general (Ministerio del Ambiente, 2015).

En el libro VI, Anexo 1, Normativa de calidad ambiental y de descarga de efluentes, recurso agua. El contenido de las tablas de este anexo busca prevenir y controlar la contaminación en el recurso agua. En las primeras tablas de este anexo indican los criterios de calidad que debe cumplir una fuente hídrica cuyo fin es el consumo humano y de uso doméstico, para que este sea susceptible al proceso previo de potabilización (Ministerio del Ambiente, 2015).

### **2.5.2 INEN 1108:2015**

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2015, establece las condiciones necesarias (parámetros) que tiene que cumplir el agua potable, para que sea considerada apta para el consumo humano. En la normativa se presentan tablas que contienen los límites máximos permisibles que el agua potable debe cumplir.

Se toman en cuenta: características físicas, químicas, sustancias orgánicas e inorgánicas, radioactivos, pesticidas, residuos de desinfección, subproductos de desinfección y requisitos microbiológicos (Norma Técnica Ecuatoriana INEN, 2014).

## 2.6 Métodos de desinfección de agua cruda en zonas rurales

La selección del método es a partir de la necesidad de disminuir los elementos contaminantes presentes en el agua. El método a elegir debe ser fiable, continuo y eficaz, también ajustarse a las condiciones requeridas. A continuación se presentan los principales métodos de tratamiento en zonas rurales en la tabla 4.

**Tabla 4.** Métodos de desinfección de agua cruda

<b>Tecnología</b>	<b>Descripción</b>
Filtración convencional (coagulación, floculación y sedimentación)	En este proceso, se añade un coagulante en la fuente con la finalidad de crear una atracción de suspensión de las partículas. Se trató en un depósito de sedimentación de los sólidos que permite la remoción del color y turbidez. En zonas rurales si es posible no se debe colocar el proceso de coagulación química debido a que se requiere de personal especializado que opere y mantenga en buenas condiciones el sedimentador (Cuaspud, 2020).
Microfiltración	Las membranas de cerámica están en forma de tubos cilíndricos huecos o monolitos, tienen un tamaño de poro nominal 0,2 um. Proporcionan una protección entera que retiene las bacterias, otra parcial en contra de los virus de 30 – 300 nm de tamaño. Para aplicar esta tecnología se requiere el uso de energía para su funcionalidad (Cuaspud, 2020).
Ultrafiltración	Técnica de separación con membrana de 0,005-0,1 micrón de radio. Separa sales de proteínas y otros elementos impuros. Con una bomba de vacío ayuda en la succión de agua. De igual manera, se requiere utilizar energía para su funcionamiento (Cuaspud, 2020).

Filtración rápida	Es un método completo físico que depura el agua potable, consigue la eliminación rápida y eficiente de material suspendida. Antes de la aplicación se requiere de un pretratamiento (floculación-coagulación) y postratamiento (desinfección con cloro) (Cuaspud, 2020).
Cloración	La fuente de agua no presenta microorganismo y está protegida, esta tecnología permite como prevención de posibles contaminantes en el sistema de distribución. Los desinfectantes más utilizados es el hipoclorito de sodio o calcio en pequeños sistemas. Aun si el agua es de buena calidad, se recomienda como modo preventivo de contaminación en la red de distribución y reservorio la cloración (Cuaspud, 2020).
Filtración lenta	Filtración a baja velocidad, la finalidad es de comentar los procesos biológicos y físicos que intervengan en la reducción de la turbiedad, también en la destrucción de microorganismos patógenos que puede presentar el agua en su circulación por el filtro. Es sencilla, eficiente y confiable, produce agua en buenas condiciones, disminuyendo las impurezas suspendidas (Cuaspud, 2020).
Aireación	La aireación provee el O.D que se necesita para cambiar el manganeso y el hierro en modo manganoso y ferroso a sus formas insolubles como se encuentra en aguas subterráneas. Los métodos más simples son los conos aireadores en bandejas de aireación, sistemas de fuentes y cascadas. Alternativa para la remoción de Mn y Fe (Valeria, 2015)

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

## 2.7 Estrategias del uso racional del agua

La Estrategia Nacional de Calidad del Agua propone implantar un marco de trabajo que contenga las estrategias operativas y acción lineal.

## **2.8 Manual de mantenimiento**

Son normas, instrucciones y procedimientos que se utilizan para realizar el mantenimiento. El manual ayuda a realizar un mantenimiento adecuado con ayuda de procesos que se encuentran ordenados y aplicados en un sistema. En cada etapa del mantenimiento se describe los pasos, así como la realización de mantenimientos preventivos, reparaciones de forma correcta y oportuna cuando el sistema lo requiera (Viscalla, 2014).

## **2.9 Mantenimiento**

Es un conjunto de actividades que deben ser realizadas con un orden lógico, con el propósito de que se conserve en buenas condiciones para un funcionamiento eficiente, económico y también los equipos de producción, así como las herramientas y otras propiedades físicas (García, 2006).



## CAPÍTULO III

### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 Muestreo y Análisis de Parámetros

##### 3.1.1 Trabajo de Campo

Esta constituido de todas las actividades realizadas durante cada visita como: aplicación de encuestas en la comunidad para levantamiento de información, toma de muestras de agua, análisis *in situ*, capacitaciones.

##### 3.1.2 Visita de campo

Según las encuestas realizadas a la comunidad se sabe que el agua de consumo es almacenada en un tanque localizado a 2 km de “El Tablón” y otro tanque de distribución ubicada en la cota superior de la misma comunidad.

- **Comunidad San José “El Tablón”**

La comunidad San José “El Tablón” forma parte de 8 comunas rurales, ubicado en la parroquia Pifo, nororiente del Distrito Metropolitano de Quito, tiene una superficie de 5463,14 hectáreas y se localiza al suroriente de la parroquia Pifo en una zona alta de páramo (Granda, 2016).



**Figura 2.** Ubicación geográfica de la comunidad San José "El Tablón"

**Fuente:** (Google Earth, 2021)

- **Características del lugar**

**Altitud:** El barrio se encuentra entre 3301 m – 3402 m desde la pesca deportiva –La Virginia hasta El Tablón (Google Earth, 2021).

**Clima:** el clima es diverso en el barrio. De temporadas húmedas tropicales a fríos de páramos.

**Población:** Los usuarios quienes conforman la junta de agua para el año 2021 es de 105 personas (Ver en anexo 4, listado de usuarios),

**Relieve:**

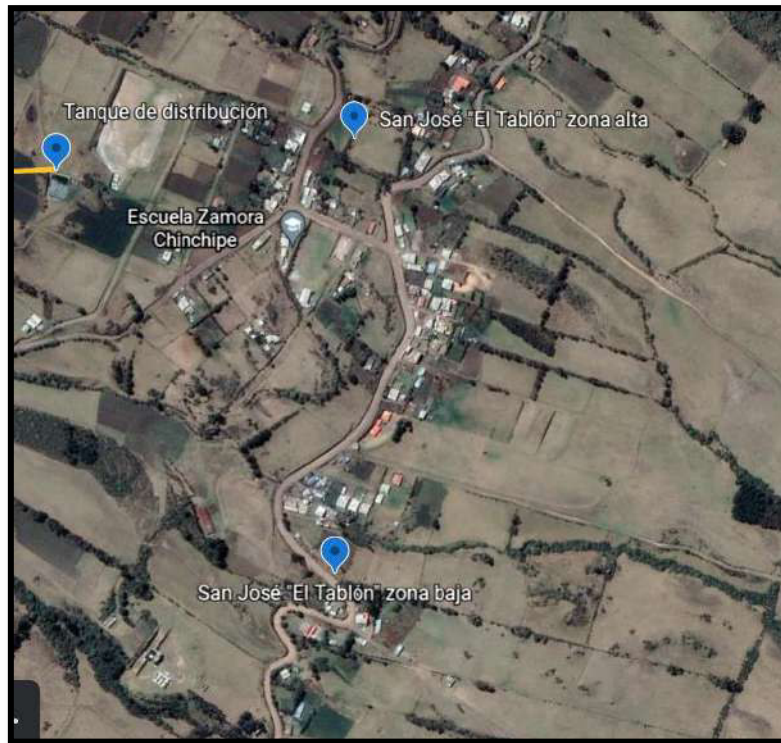


**Figura 3.** Relieve de San José "El Tablón"

**Fuente:** (Google Earth, 2021)

**Latitud:** La comunidad tiene una latitud de 0° 16' 49" S en la zona baja y 0° 17' 06" S en la zona alta.

**Longitud:** La comunidad tiene una longitud de 78° 17' 28" W en la zona baja y 78° 17' 30" W en la zona alta.



**Figura 4** Ubicación geográfica de las coordenadas en la comunidad

**Fuente:** (Google Earth, 2021)

- **Economía**

La principal economía de la comunidad proviene de la agricultura y ganadería. Los productos de siembra que más destacan son papas, habas, arvejas, cebollas, lechuga, cebada, tomate, etc. las actividades de ganadería es en la producción de leche y sus derivados.

- **Caracterización socioeconómica de la población**

Es necesario conocer la opinión de los habitantes de la comunidad a través de las encuestas, donde permite evidenciar el estado actual de la población en relación a sus bienes, servicios y necesidades básicas que poseen individualmente o en conjunto. Por tal razón, se emplearon las encuestas como una herramienta de sondeo, la cual definió la cantidad de personas que serán partícipes del proceso, por eso, la cantidad de personas encuestadas deben ser representativo. También se determinó el área de estudio donde se llevó a cabo las encuestas, con ayuda de una lista de asociados se seleccionó aleatoriamente los participantes requeridos.

### 3.1.3 Establecimiento de los puntos de muestreo

En el desarrollo del proyecto se identificaron seis puntos para el muestreo, con ayuda de un GPS se referenció las coordenadas y la ubicación, como se muestra en la tabla 5, e incluye la fuente, la captación, el tanque de almacenamiento y distribución, finalizando en la primera vivienda y última.

Cabe recalcar que el sistema de abastecimiento de agua de consumo en la comunidad San José “El Tablón” no cuenta con tratamiento alguno. La codificación de las muestras se definió con los códigos presentados en la primera columna de la Tabla 5.

**Tabla 5.** Ubicación de puntos de muestreo

Código	Lugar	COORDENADAS (DMS)		Altura m.s.n.m
		Latitud	Longitud	
<b>F</b>	Fuente de agua	0° 18' 48,7" S	78° 14' 8,62" W	3104,15
<b>Tc</b>	Tanque de captación	0° 18' 48,5" S	78° 14' 8,35" W	3104,08
<b>Ta</b>	Tanque de almacenamiento	0° 16' 46,11" S	78° 16' 18,94" W	3798,21
<b>Td</b>	Tanque de distribución	0° 17' 2,26" S	78° 17' 18,97" W	3102,45
<b>C1</b>	Casa inicial	0° 17' 3,72" S	78° 17' 26,6" W	3101,98
<b>C2</b>	Casa final	0° 16' 55,22" S	78° 16' 53,08" W	3100,43

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

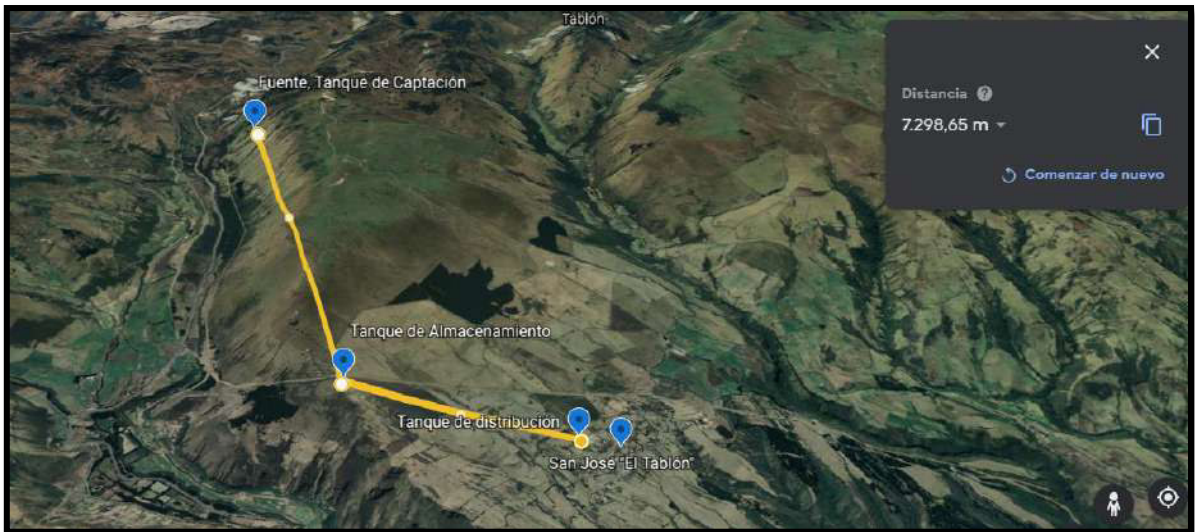
Se realizó la primera visita técnica donde se determinó los puntos de interés del sistema de abastecimiento, donde al sistema de abastecimiento, con un recorrido de aproximadamente de 3 km, y se determinaron los puntos de interés para el muestreo de la calidad del agua. La figura 5 y 6, presentan la ubicación de los puntos de muestreo seleccionados y las distancias, respectivamente.





**Figura 5.** Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

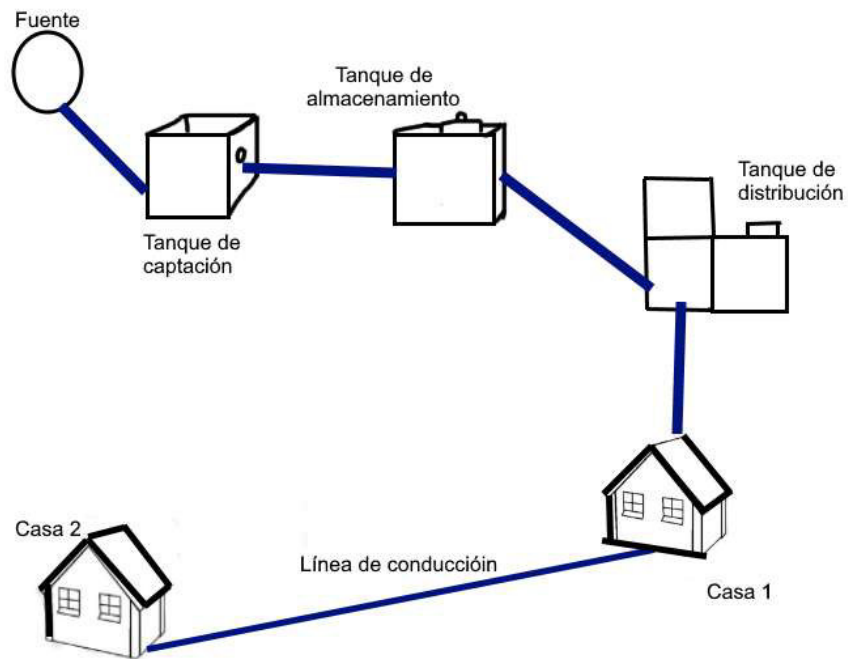
**Fuente:** (Google Earth, 2021)



**Figura 6.** Distancia de la fuente a la comunidad "El Tablón"

**Fuente:** (Google Earth, 2021)

En la figura 7 se observa el esquema de distribución de los puntos seleccionados para realizar la toma de muestras.

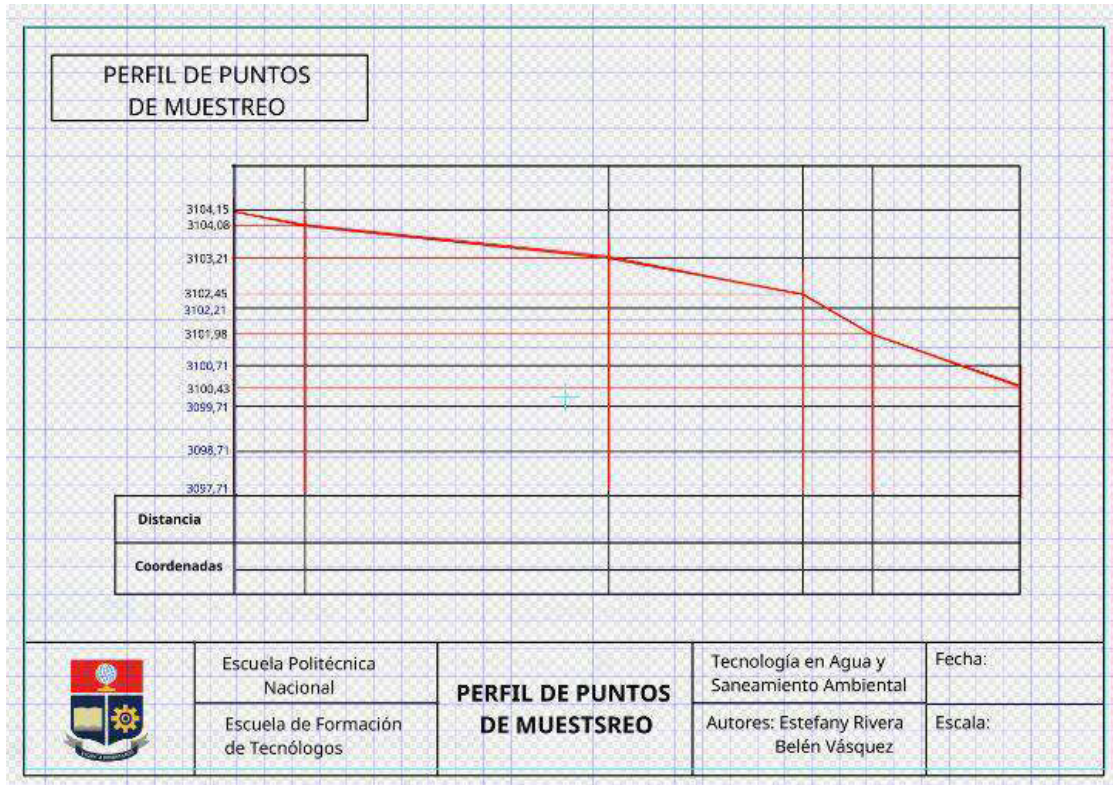


**Figura 7** Esquema de distribución de agua

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

- **Perfil de puntos de muestreo**

Los puntos de muestreo fueron seleccionados en la fuente, tanque de captación, tanque de almacenamiento, tanque de distribución y en el sistema de distribución a los consumidores. La tubería va descendiendo en cada punto hasta llegar a los consumidores, según se ve en la figura 8.



**Figura 8.** Perfil de puntos de muestreo

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

- **Punto 1. “Ojo de agua”**

En la figura 9 se observa la fuente de captación del primer punto



**Figura 9.** Fuente "Ojo de agua"

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

La fuente de captación es un ojo de agua ubicada en un páramo en la ruta Quito-Papallacta, a 5 minutos de la pesca deportiva “Pisciandes”, en vehículo, y caminata estimada entre 30 a 40 minutos hasta la fuente (Véase **figura 7**).



Consta de un tanque de captación, no posee malla de protección de la fuente contra maleza, hojas, y demás sólidos. La limpieza alrededor de la captación se realiza una vez cada dos meses, un habitante de la comunidad.

A primera vista se observa en el tanque de captación del agua la presencia de sólidos sedimentados, el color cristalino aparente y no cuenta con una cubierta impermeable para posibles fugas.

- **Punto 2. “Tanque de captación”**

Se encuentra localizada a 5 cm de la fuente de agua.



**Figura 10.** Tanque de captación

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.,

- **Punto 3. “Tanque de almacenamiento”**

Ubicada a 2 km desde la captación, las tuberías se encuentran enterradas a una profundidad aproximada entre 1 a 1.5 metros. Similar al tanque de distribución con mayor capacidad de almacenamiento del agua de consumo.





**Figura 11.** Tanque de almacenamiento

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

- **Punto 4. “Tanque de distribución”**

Ubicada en la parte superior de la comunidad, a lado de la captación de agua de riego. Cuenta con un envase clorador fuera de operación desde su adquisición hasta lo actual. No realizan ningún tratamiento previo de desinfección, el agua distribuida es la misma de la captación. Alrededor del tanque no se encuentra ninguna maleza o sólido que interfiera en la calidad del agua.



**Figura 12.** Tanque distribución

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

- **Punto 5. Viviendas**

Los puntos de muestreo serán de 2 viviendas, distribuidas desde la casa inicial, luego la casa media para finalizar en la última casa donde llega el servicio de la red.



**Figura 13.** Comunidad el San José "El Tablón"



**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

### 3.1.4 Información de las estructuras que conforman el sistema de abastecimiento de agua

- **Tanque de captación**

En la tabla 6 se describe el tanque de captación según los componentes que la conforman y observaciones que se visualizaron en la visita a campo.

**Tabla 6.** Información Tanque de Captación

<b>Tipo de tanque</b>	Enterrado, rectangular
<b>Dimensiones</b>	(2,73 x 1,5 x 1,45) m <sup>3</sup>
<b>Material</b>	Hormigón
<b>Entrada</b>	Tubería PCV, diámetro 12 cm
<b>Salida</b>	Tubería PCV, diámetro 12 cm
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p><b>Válvula de aire</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>Válvula tipo compuerta</b></p> </div> </div>
<p><b>Observaciones:</b> No cuenta con una tapa, está a cielo abierto como se observa en la figura 10.</p> <p>Pastos, tierra, hojas y ramas caen dentro del tanque en épocas de lluvia por el arrastre de la misma.</p>	

Cuenta con un tubo de polietileno negro para el desagüe.  
 No está cercado por lo tanto el ingreso de animales puede aumentar.  
 Presenta una cámara seca donde se encuentra la válvula tipo compuerta a 1,45 m de distancia del tanque de captación a cielo abierto y a 50 cm se encuentra la segunda cámara seca la cual se ubica la válvula de aire.

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

- **Tanque de almacenamiento**

En la tabla 7 se describe el tanque de almacenamiento según los componentes que la conforman y observaciones que se visualizaron en la visita a campo.

**Tabla 7.** Información Tanque de almacenamiento

<b>Tipo de tanque</b>	De superficie, rectangular
<b>Dimensiones</b>	(8,45 x 5,50 x 2,85) m <sup>3</sup>
<b>Material</b>	Hormigón
<b>Entrada</b>	Tubería PCV, diámetro 15 cm
<b>Salida</b>	Tubería PCV, diámetro 15 cm
<b>Observaciones:</b> En la parte superior del tanque se observó excremento seco de ganado. La tapa presentaba desgaste, por lo tanto, se observó el desprendimiento de pequeños pedazos. El lugar no esté cercado por lo tanto el ingreso de animales aumenta. Cuenta con dos perforaciones en la parte superior del tanque de almacenamiento, uno en la entrada y otro en la salida.	



**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

- **Tanque de distribución**

En la tabla 8 se describe el tanque de distribución según los componentes que la conforman y observaciones que se visualizaron en la visita a campo.

**Tabla 8.** Información Tanque de distribución

<b>Tipo de tanque</b>	Semienterrado, rectangular
<b>Dimensiones</b>	(4,5 x 4,06 x 2,20) m <sup>3</sup>
<b>Material</b>	Hormigón
<b>Entrada</b>	Tubería negra de polietileno, diámetro comercial

<b>Salida</b>	<p>Tubería PCV, diámetro 8 cm</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="display: flex; justify-content: space-around;"><b>Válvula tipo compuerta</b>      <b>Válvula tipo bola</b></p>
<p><b>Observaciones:</b> En el ingreso al tanque de distribución cuenta con una tubería de polietileno.</p> <p>Cuenta con dos cámaras, la primera se encuentra almacenada el agua y la otra es para el desagüe de la misma. En esta última se ubica la válvula tipo compuerta y la válvula tipo bola, como se aprecia en la imagen hay presencia de agua.</p> <p>El lugar este cercado, sin embargo, la puerta de entrada está deteriorado lo que dificulta el tránsito normal para el monitoreo.</p>	

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

### **3.1.5 Identificación de las muestras**

En cada uno de los envases donde estaban las muestras, una vez de haber sido llenados y sellados cuidadosamente, se rotularon para la identificación con sus respectivos códigos del lugar de la muestra.

Rotulado de envase con la siguiente información

- Código de muestra
- Ubicación de la muestra
- Tipo de muestra
- Fecha y hora
- Clima del lugar
- Preservación realizada
- Observaciones

### **3.1.6 Recolección, preservación y transporte de muestras**

En el instante en que se almacenaron los envases se verificó el correcto sellado de los mismos con la finalidad de evitar posibles fugas.

Las muestras se entregaron en el laboratorio respectivo una vez que fueron recolectadas dentro de 24 horas como máximo tiempo. El personal que se

encargó de recibir las muestras verificó las condiciones de etiquetado y la información que se recopiló en campo (Norma Técnica Ecuatoriana INEN, 2014).

En la tabla 9 se describe los conservantes que se utilizaron para la conservación de las muestras.

**Tabla 9.** Preservación de muestras para análisis en laboratorio

Parámetros	Unidades	Volumen (ml)	Tipo de Envase	Conservación
Arsénico	mg/L	500	P	Acidificar a pH<2 con HCl o HNO <sub>3</sub>
Alcalinidad	mL	500	P	Refrigerar entre 1 °C y 5 °C.
Color real	Pt-Co	200	P	Refrigerar a 4 °C, almacenado en oscuridad
Hierro total	mg/l	100	P (Lavado con ácido)	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>
Manganeso	mg/L	100	P (Lavado con ácido)	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>
Nitrógeno Total Kjeldahl	mL	250	P	Acidificar a pH<2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , refrigerar entre 4°C guardar en la oscuridad.
DQO	mg/L	100	P	Congelamiento a -20 °C, agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (pH<2)
DBO <sub>5</sub>	mg/L	500	P	Refrigerar a 4 °C
Nitratos	mg/L	100	P	Análisis inmediato, enfriar hasta 0°C y 6 °C
Nitritos	mg/L	200	P	Análisis inmediato, enfriar hasta 0°C y 6 °C
Fosfatos	mg/L	100	P	
Col. Fecales	NMP/100 ml	200	P (esterilizadas)	Análisis inmediato, Refrigerar a 4 °C
Sólidos	mg/L	500	P	Se enfría hasta 1°C y 5°C

suspendidos				
Sólidos disueltos	mg/L	100	P	Se enfría hasta 1°C y 5°C

Fuente: Rivera E., Vásquez B.

- **Información de los parámetros a analizar**

En la tabla 10, se señala los lugares donde se realizaron los ensayos por cada parámetro (*in situ* o laboratorio).

**Tabla 10.** Parámetros analizados


<b>PARÁMETROS <i>IN SITU</i></b>	<b>PARÁMETROS DE LABORATORIO</b>
<b>Temperatura del agua</b>	<b>Metales:</b> Hierro total, manganeso, arsénico.
<b>pH</b>	<b>Físico-químicos:</b> DBO5, DQO, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, nitrógeno total, alcalinidad, nitritos, nitratos y fosfatos. <b>Extra</b> (fluoruro y sulfato).
<b>Oxígeno disuelto</b>	<b>Microbiológicos:</b> Coliformes fecales
<b>Turbiedad</b>	
<b>Conductividad</b>	


Fuente: Rivera E., Vásquez B.

### 3.1.7 Análisis de parámetros *in situ*

Los ensayos de los parámetros *in situ* se analizó con ayuda de los equipos respectivos según se menciona en la tabla 11.

**Tabla 11.** Parámetros analizados *in situ*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Equipo</b>	<b>Modelo</b>	<b>Imagen</b>
Temperatura	°C	Oxigenometro	PHQ-30D-HACH	
Conductividad	$\mu S$	Oxigenometro Sonda conductividad HACH	PHQ-30D-HACH CDC401	
Oxígeno disuelto	mg/L	Oxigenometro Sonda O.D HACH	PHQ-30D-HACH LDO101	

Potencial de hidrógeno	pH	Oxigenometro Sonda pH HACH	PHQ-30D-HACH PHC 201	
Turbiedad	NTU	Turbidímetro	2100P-HACH	

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

- **Temperatura**

En la medición de la temperatura, con el equipo multiparámetros, primero se lavó con agua destilada el sensor, con la finalidad de eliminar cualquier impureza que interfiera en la medición de la muestra. Se procedió a lavar la jarra tres veces y se homogeneizó con la muestra a analizar, luego se introdujo el sensor dentro de la jarra, donde se esperó a su estabilización para la lectura y registro del valor.

- **Conductividad**

En la medición de la conductividad se utilizó el mismo equipo oxigenómetro con la sonda conductividad HACH, se lavó la sonda con agua destilada, se introdujo el sensor en la jarra previamente homogeneizada y se esperó a que se estabiliza la lectura para el registro del valor final.

- **Oxígeno disuelto**

En la medición de oxígeno disuelto se llevó a cabo in situ, el equipo que se utilizó fue el oxigenómetro con la sonda O.D HACH, antes de usar el sensor se enjuago con agua destilada para limpiar de cualquier residuo que tenga, posteriormente se colocó el sensor dentro de la muestra y se esperó que se establezca la lectura en el equipo, finalmente se anotó el valor final.





**Figura 14.** Medición de O.D. *in situ*

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

- **pH**

En la determinación del pH se utilizó el mismo equipo de oxigenómetro con el sensor de pH HACH, antes de cada medición se enjuago el sensor con agua destilada, posteriormente se introdujo el sensor en una muestra homogeneizada y se esperó a que se estabilice. Una vez estabilizado la lectura, se registró el valor señalado.



**Figura 15.** Medición de pH *in situ*

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

- **Turbiedad**

El equipo que se utilizó para medir la turbiedad fue el turbidímetro, previamente el equipo se calibró y verificó cada celda se encuentren en perfecto estado y limpias. Posteriormente se colocó 10 ml de la muestra en la celda, suavemente



se limpió con un trapo seco la celda. Se procedió a colocar la celda en el equipo, se estabilizó en la pantalla los valores y se registró el valor final.

### **3.1.8 Análisis de parámetros en laboratorio**

- **Físicos**

#### **Color Verdadero**

El ensayo se realizó en el laboratorio LDIA - EPN, se utilizó el método 8025 del manual de procedimiento HACH. Antes del ensayo se esperó que las muestras estén a temperatura ambiente, aparte se armó el aparato de filtración y se lavó el filtro con agua destilada para eliminar cualquier residuo.

Luego se colocó 50 ml del agua destilada en el filtro, se pasó 10 ml de del agua filtrada en una celda (blanco), este proceso se hizo de la misma forma con las muestras.

En el espectrofotómetro se seleccionó el programa **#120** para la medición de color verdadero con una longitud de onda de **455 nm**, se limpió la celda (blanco) suavemente, después se introdujo el blanco en el soporte de celda, se tapó y se presionó CERO,

Se repitió el mismo proceso con la muestra, pero en cambio se presionó READ y se visualizó el resultado final en unidades de platino - cobalto.

#### **Sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales**

En los ensayos de S.S.T y S.D.T se realizaron en el laboratorio LDIA - EPN, se utilizó el método gravimétrico.

Primero, se verificó que la balanza está calibrada con el peso de 1,000 gramos, después se etiquetó seis crisoles y cápsulas.

Se lavó los filtros, crisoles y cápsulas con agua destilada con la finalidad de eliminar cualquier impureza impregnada en los materiales. Posteriormente se llevó los materiales en la mufla a 505 °C por un tiempo de 30 minutos y se dejó reposar para que se secaran, luego se pesaron los filtros junto a las cápsulas en la balanza y se registró como se ve en la fotografía 6. Al finalizar se llevó los filtros con las cápsulas en una estufa a 180 °C por 24 horas, finalizado el tiempo se llevaron al desecador por 30 minutos las cápsulas.



**Figura 16.** Peso de crisol en balanza analítica

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

Se preparó el equipo de filtración con bomba al vacío. Finalizado el tiempo, las muestras se colocó en un vaso de precipitación para homogeneizarlas, se midió 50 ml de muestra y se colocó en el filtro dicha cantidad con el filtro ubicado en el lado poroso en dirección hacia arriba, se encendió el equipo y se esperó la succión por completo como se visualiza en la (Véase **figura 14**).



**Figura 17.** Filtración de muestra de agua

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

Una vez transcurrido la succión, los filtros se colocaron en las cápsulas y se llevó a la estufa a 105 °C por 24 horas. Las muestras filtradas del kitasato se tomaron 25 ml de cada una y se colocó en un crisol vacío a la estufa por 24 horas a 105°C.

Al finalizar el tiempo, se llevó los crisoles y cápsulas con los filtros en un desecador por 30 minutos, posteriormente se pesaron nuevamente los materiales y se registró su nuevo peso.

A continuación, se presentan las fórmulas respectivas para la determinación de sólidos disueltos totales y sólidos suspendidos totales según la tabla 12.

**Tabla 12.** Cálculo de sólidos disueltos totales y sólidos suspendidos

	<b>S.D.T</b>	<b>S.S.T</b>
Ecuación	$\text{S.D.T (mg/L)} = \frac{(P1 - P2) * 1000}{Vm}$	$\text{S.S.T (mg/me coL)} = \frac{(P1 - P2) * 1000}{Vm}$
Dónde:	<p><b>S.D.T:</b> sólidos disueltos totales (mg/L).</p> <p><b>P1:</b> peso de la cápsula + residuo obtenido de la evaporación mg.</p> <p><b>P2:</b> peso de la cápsula sola en mg</p> <p><b>Vm:</b> volumen de muestra filtrada.</p>	<p><b>S.S.T:</b> sólidos suspendidos totales (mg/L).</p> <p><b>P1:</b> peso filtro antes de filtración.</p> <p><b>P2:</b> peso filtro + residuo</p> <p><b>Vm:</b> volumen de muestra filtrada.</p>

- **Químicos**

**Alcalinidad**

La determinación de este parámetro fué realizado por el personal técnico del Laboratorio de Aguas, Suelos y Alimentos (LASA), El método que se implementó fue APHA 2320 - B. Los resultados finales se observa en anexo 4.

**Arsénico**

La determinación de este parámetro fué realizado por el personal técnico del Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM), El método que se implementó fue Absorción atómica EPA - 7010. Los resultados finales se observa en anexo 4.

**Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

El ensayo del DQO se realizó en el laboratorio LDIA –EPN, se basó en el método 8000 del manual de procedimiento HACH. Se tomó 6 viales de rango bajo LR (0 a 150 mg/L) por ser provenientes de agua de consumo humano.

Primero se conectó el reactor de DQO y se precalentó a 150 °C, luego se homogeneizó las muestras de 100 ml cada una por 30 segundos con un agitador. Con ayuda de una pipeta se colocó 2 ml de la muestra dentro de un vial (0 a 150 mg/L) con un ángulo de 45 grados. Posteriormente se tapó el vial y se lo invirtió suavemente para que se mezclen los contenidos.

En la preparación del blanco se repitió el mismo proceso con la diferencia que se añadió 2 ml de agua destilada en el vial.

Se colocó los siete viales en cada celda del reactor como se visualiza en la **figura 18**, se lo tapó y se calentó por un periodo de 2 horas. Después de haber transcurrido el tiempo se sacó los viales del reactor, se invirtió cada tubo y se dejó reposar aproximadamente 20 minutos.

En el espectrofotómetro se seleccionó el programa **#430** de una longitud de onda de **420 nm**, luego se limpió con una malla el blanco en la parte externa suavemente.

Se colocó el blanco en la celda de tubo de ensayo, se tapó el espectrofotómetro y se presionó CERO. En la medición de la muestra, se limpió con una malla el tubo, se insertó en la celda, se lo tapó y se presionó READ, finalmente se anotó el resultado en mg/L de DQO.



**Figura 18.** Colación de muestras en el reactor para DQO

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

### **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

El ensayo de  $DBO_5$  se realizó en el laboratorio LDIA – EPN. Se utilizó el método respirométrico – Oxitop por un periodo de cinco días. En referencia a los valores obtenidos en la medición del DQO, se determinó el volumen requerido para añadir en las botellas ámbar.

En este caso, el valor del DQO de las seis muestras, cuatro salieron entre valores de -4 a 0 mg/L, y dos salieron en un rango de 3 a 4 mg/L, por tal razón, solo se realizó dos ensayos de DBO para comprobar la relación entre DQO/DBO.

**Tabla 13.** Volumen requerido para DBO en relación al DQO

<b>Rango de medida DQO (mg/L)</b>	<b>Volumen requerido (ml)</b>	<b>Factor</b>
0 – 40	432	1
40 – 80	365	2
80 – 200	250	5
200 – 400	164	10
400 – 800	97	20
800 – 2000	43,5	50

**Fuente:** (Ortiz et al., 2015)

Primero se homogeneizó las muestras, luego se colocó el volumen correspondiente (432 ml) en la botella ámbar junto a una barra de agitación magnética, después se introdujo un capuchón en el cuello de la botella donde se añadió 2 pellets de hidróxido de sodio, al finalizar se tapó las botellas ámbar con el Oxitop verificando su correcto aseguramiento.

En el Oxitop simultáneamente se presionó los botones S y M por tres segundos para nueva medición, luego se colocaron las botellas ámbar en una incubadora a 20 °C como se visualiza en la **figura 17**. Transcurridos los 5 días se procedió a medir los valores registrados en el oxitop, se presionó el botón M para conocer el resultado.



**Figura 19.** Colocación de Oxitop en la incubadora

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

Para calcular el resultado final, con los valores obtenidos de cada día se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{DBO}_5 \text{ mg/L} = \frac{V_5 - V_1}{V_{\text{promedio}}}$$

**Dónde:**

$V_5$  = Valor de  $\text{DBO}_5$  del quinto día (mg/L)

$V_1$  = Valor de  $\text{DBO}_5$  del primer día (mg/L)

$V_{\text{promedio}}$  = Valor promedio  $\text{DBO}_5$  de los cinco días (mg/L)

### **Fosfato ( $\text{PO}_4^{-3}$ )**

El ensayo de fosfato se realizó en el laboratorio LDIA – EPN. En una celda se colocó 10 ml de la muestra previamente homogeneizada, se insertó en el espectrofotómetro, se tapó y se encero. En la misma celda se añadió un sobre de reactivo PhosVer 3, luego se tapó, se agitó y se dejó reposar 2 minutos para su reacción como se visualiza en la **figura 15**.

Previamente en el espectrofotómetro se seleccionó el programa #490 con longitud de onda de 880 nm. Una vez transcurrido los dos minutos, se procedió a insertar nuevamente la celda con el reactivo en el espectrofotómetro, se presionó READ y se registró el valor final obtenido en mg/L  $\text{PO}_4^{-3}$ .



**Figura 20.** Determinación de PO<sub>4</sub> en el laboratorio LDIA

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

### **Fluoruro**

El ensayo de fluoruro se realizó en el laboratorio LDIA – EPN. El método que se usó fue el 8029 del manual HACH.

En una celda se colocó 10 ml de la muestra y en otra celda 10 ml de agua destilada para el blanco, en la celda de la muestra se colocó 2 ml del reactivo SPADNS con ayuda de una pipeta, luego se tapó y se giró para mezclar.

En el espectrofotómetro se seleccionó el programa #190, se esperó un minuto de cronómetro a que la pantalla mostrará mg/L F<sup>-</sup>, luego se colocó el blanco, se tapó y se presionó CERO. Posteriormente se colocó la muestra, se tapó y se presionó READ donde se visualizó el resultado final en mg/L F<sup>-</sup>



**Figura 21.** Determinación de fluoruro en el laboratorio LDIA

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

### **Hierro Total**

El ensayo de Fe.T se realizó en el laboratorio LDIA – EPN. El método que se usó fue el 8008 del manual HACH.

En una celda se colocó 10 ml de la muestra y en otra celda 10 ml de agua destilada para el blanco, en la celda de la muestra se agregó el polvo del reactivo FerroVer, se tapó y se giró para mezclar.

En el espectrofotómetro se seleccionó el programa #265 con una longitud de onda 510 nm, se esperó tres minutos de cronómetro a que la pantalla mostrará mg/L Fe FV, luego se colocó el blanco, se tapó y se presionó CERO. Posteriormente se esperó 30 minutos, se colocó la muestra, se tapó y se presionó READ donde se observó el resultado final en mg/L Fe FV.

### Manganeso

El ensayo de Mn se realizó en el laboratorio LDIA – EPN. El método que se usó fue el 8034 del manual de instrucciones HACH.

En una celda se colocó 10 ml de la muestra, luego se añadió un sobre de reactivo en polvo de buffer de citrato, se tapó y se giró cuidadosamente para mezclar. Después se añadió un sobre en polvo del reactivo periodato sódico, se tapó y se invirtió la celda con cuidado para mezclar. Se esperó dos minutos para su reacción. En otra celda se añadió 10 ml de la muestra sin ningún reactivo para ser el blanco.

En el espectrofotómetro se seleccionó el programa #295 con una longitud de onda de 525 nm, luego se colocó el blanco, se tapó y se presionó CERO para encerrar. Posteriormente se colocó la muestra, se tapó y se presionó READ donde se visualizó el resultado final en mg/L Mn como se visualiza en la **figura 20**.



**Figura 22.** Medición de Mn en el espectrofotómetro

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.



### **Nitrógeno orgánico (Kjeldahl)**

La determinación de este parámetro fue realizado por el personal técnico del Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM). El método que se implementó fue el **SM Ed 23, 2017 4500-Norg - C/volumetría**. En este ensayo se lo realiza en tres etapas: digestión, destilación y valoración. Los resultados finales de este parámetro se observa en el anexo 4.

### **Nitritos (NO<sub>2</sub>) y Nitratos (NO<sub>3</sub>)**

Estos ensayos se realizaron en el laboratorio CICAM - EPN por el personal técnico del establecimiento. El método que implementaron fue el 8039 para la determinación de nitratos y el 8507 para los nitritos del manual de procedimiento HACH.

Las muestras se ingresaron el día lunes, 22 de febrero del 2021 a las 15:40 pm, donde se dejó para su respectivo análisis y los resultados finales fueron entregados por el correo electrónico de la institución el día miércoles 3 de marzo del mismo año. Ver anexo 4.

### **Sulfato (SO<sub>4</sub>)**

El ensayo de SO<sub>4</sub> se realizó en el laboratorio LDIA – EPN. El método que se usó fue el 8051 del manual de procedimiento HACH.

En una celda se colocó 10 ml de la muestra, luego se añadió una bolsa de polvo de reactivo de SulfaVer 4 como se visualiza en la **figura 24**, se tapó, se invirtió para mezclar y se esperó 5 minutos para la reacción. En otra celda se añadió 10 ml de muestra sin reactivos para el blanco.

En el espectrofotómetro se seleccionó el programa #680 con una longitud de onda de 450 nm, se esperó cinco minutos de cronómetro a que la pantalla mostrará mg/L SO<sub>4</sub>, luego se colocó el blanco, se tapó y se presionó CERO. Posteriormente se esperó 5 minutos, se colocó la muestra, se tapó y se presionó READ donde se visualizó el resultado final en mg/L SO<sub>4</sub>,



**Figura 23.** Determinación de SO<sub>4</sub> en el laboratorio LDIA

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B.

- **Microbiológicos**

- Coliformes fecales**

La determinación de este parámetro fué realizado por el personal técnico del Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM), utilizando en método de tubos múltiples (NMP). Las muestras se ingresaron el lunes a las 15:40 pm, ese mismo día se realizaron los ensayos respectivos para la determinación de coliformes totales.

### 3.2 Evaluación de la calidad del agua de la fuente

#### 3.2.1 Determinación del Índice de calidad del agua ICA en la fuente

Una vez obtenido los resultados de los parámetros de calidad del agua, tanto los determinados *in situ* como los ejecutados en laboratorio, se procedió a calcula el índice de calidad del agua (ICA). En la ponderación se emplearon 9 parámetros, los cuales se detallan en la siguiente tabla 14.

**Tabla 14.** Ponderación de los parámetros

Parámetros	Unidades	Ponderación
pH	U pH	0,12
Oxígeno disuelto	Mg/L	0,17
Turbidez	NTU	0,08
Fosfatos	mg/L	0,1
Nitratos	mg/L	0,1

S.D.T	mg/L	0,08
DBO5	mg/L	0,1
Coliformes fecales	NMP/100 ml	0,15
Variación de Temperatura	°C	0,1

Fuente: (Huatangari et al., 2020)

El subíndice de cada parámetro se emplea con distintas fórmulas, donde el valor medido debe ser remplazado según lo indica, En la figura 27 se señala las fórmulas a utilizar.

Parámetro	Dimensión	Función del Subíndice
DBO	mg/L	$SI_{DBO5} = e^{(4,5824 - 0,01078DBO_5 \times 2,4581 \times 10^{-14} e^{1/DBO_5})}$ Si $DBO_5 > 30$ mg/L, $SI_{DBO5} = 2$
OD (%Sat)	% saturación	$SI_{OD} = e^{(1,3663 \cdot 0,063\%sat - 0,000303\%sat^2)}$ Si % Sat > 140, $SI_{OD} = 50$
TURBIEDAD (Turb)	UNT	$SI_{Turb} = e^{(4,361 - 0,0196 Turb + 2,4167 \cdot 10^{-5} Turb^2)}$ Si Turb > 100 UNT, $SI_{Turb} = 5$
SDT	mg/L $SI_{SDT}$	$SI_{SDT} = \frac{1}{0,0123 - 1,3545 \cdot 10^{-5} SDT + 9,265 \cdot 10^{-9} SDT^2}$ Si $SDT > 500$ mg/L, $SI_{SDT} = 20$
pH	Unidades de pH	$SI_{pH} = e^{(-7,6434pH + 18,5352 \frac{1}{pH} + 14,625(\ln(pH))^2)}$ Si $pH < 2,0$ o $pH > 12,0$ und, $SI_{pH} = 0$
CF	NMP	$SI_{CF} = e^{(4,5922 - 0,1063 \ln(CF) - 0,0152(\ln(CF))^2)}$ Si Coliformes Fecales > $10^5/100$ mL, $SI_{CF} = 2$
PO <sub>4</sub>	mg/L PO <sub>4</sub>	$SI_{PO_4} = \frac{1}{0,0084 - 0,0143PO_4 + 0,00074(PO_4)^2}$ Si $PO_4 > 10$ mg/L, $SI_{PO_4} = 2$
N-NO <sub>3</sub>	mg/L	$SI_N = e^{(4,4706 - 0,043N + 2,8813 \cdot 10^{-5} N^2)}$ Si $N > 100$ mg/L, $SI_N = 1$
T	°C	$SI_T = T^\circ \text{ambiente} - T^\circ \text{Muestra}$ Si $SI_T > 15^\circ\text{C}$ , $SI_T = 9$ Si $SI_T > 15^\circ\text{C}$ , interpolar de la siguiente figura

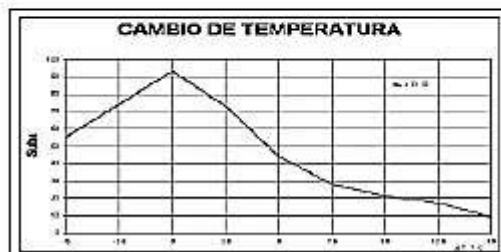


Figura 24. Fórmulas para cálculo de subíndice de cada parámetro

Fuente: (Universidad de Pamplona, 2010)

Al final, el cálculo para valorizar la calidad en la fuente de agua, se emplea con la siguiente ecuación.

$$ICA = \sum_{i=1}^9 S_i W_i$$

**Dónde:**






**ICA** = índice de calidad de agua NSF

**S<sub>i</sub>** = subíndice de calidad según parámetro i

**W<sub>i</sub>** = coeficiente de ponderación según parámetro

Al encontrar el índice de calidad del agua en valores que están entre 0 y 100, según el valor final dado se estima la clasificación conforme se muestra en la tabla 15.

**Tabla 15.** Escala de color para determinar el índice de calidad de agua

Valor del índice de Calidad	Clasificación	Escala de color
91 – 100	Excelente calidad	
71 – 90	Buena calidad	
51 – 70	Mediana calidad	
26 – 50	Mala calidad	
0 – 25	Muy mala calidad	

**Fuente:** (Vicepresidencia Ejecutiva de Ambiente, Agua y Energía, 2016)

En la siguiente imagen se detalla según la escala de clasificación del índice de calidad del agua las consideraciones en criterio general y conforme al uso que se da (Vicepresidencia Ejecutiva de Ambiente, Agua y Energía, 2016).

ICA	Criterio General	Abastecimiento Público	Recreación	Pesca y Vida Acuática	Industrial y Agrícola
100	No contaminado	No requiere Purificación	Aceptable para cualquier deporte Acuatico	Aceptable para todos los Organismos	No requiere Purificación
90		Ligera Purificación			Ligera Purificación para algunos procesos
80	Aceptable	Mayor Necesidad de Tratamiento	Aceptable no Recomendable	Aceptable excepto especies muy sensibles Dudoso para especies sensibles	Sin tratamiento para industria normal
70	Poco Contaminado				
60	Contaminado	Dudoso	Dudoso para contacto directo	Solo organismos muy resistentes	Tratamiento en la mayor parte de la industria
50			Sin contacto con el agua		
40	Altamente Contaminado	No Aceptable	Señal de contaminación	No Aceptable	Uso muy restringido
30			No Aceptable		
20	Altamente Contaminado	No Aceptable	No Aceptable	No Aceptable	No Aceptable
10					

Fuente: (Semarnat & Comisión Nacional de Agua, 2002)

### 3.2.2 Medición de caudal por el método volumétrico

Este método se aplica para determinar caudales en manantiales. Se basa en medir el tiempo respecto a un volumen conocido de un recipiente (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015).

Si al dividir el volumen del recipiente (litros) por el tiempo dado (segundos), como resultado se obtiene el caudal expresado en l/s, tal como se señala en la siguiente fórmula:

$$\text{caudal (l/s) } Q = \frac{\text{Volumen recipiente (litros)}}{\text{Tiempo de llenado (segundos)}}$$

En este caso se tomó 3 medidas, con un recipiente de 6 litros se colocó por debajo de la caída de agua y con ayuda de un cronómetro se midió el tiempo que tardó en llenarse el recipiente como se visualiza en la figura 28.



**Figura 25.** Medición de caudal en la fuente

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B

### **3.3 Propuesta de mejora en el mantenimiento del sistema de abastecimiento**

A partir de los datos obtenidos de la caracterización en la fuente y demás puntos establecidos, se identificó la presencia de fosfato y manganeso en la fuente, así como en el tanque de almacenamiento. Se planteó acciones de mejoramiento en reparación de la infraestructura del sistema de abastecimiento, añadir nuevos procesos de tratamiento de agua cruda, recomendaciones, control y mantenimiento.

Dado que la comunidad no cuenta con suficientes recursos económicos para implementar una planta de tratamiento, se propuso realizar una mejora significativa en sus componentes para que un futuro pueda introducir un sistema de tratamiento. Se revisó las normativas y literatura sobre tecnologías que mejoren el sistema actual, de tal modo se propuso 2 alternativas.

### **3.4 Elaboración del manual para la gestión del recurso hídrico**

En el manual de gestión para la comunidad San José “El Tablón” se describe los pasos, sugerencias para identificar problemas con el agua, una adecuada gestión de acuerdo a la normativa vigente, acciones y actividades que pueden llevar a cabo para solventar los problemas con el recurso hídrico como: métodos de captación de agua lluvia y desinfección aplicable para la comunidad, evitando impactos ambientales que pueden ocurrir y la contaminación del agua de consumo.

El manual también consta del mantenimiento que se debe realizar para los tanques de captación, almacenamiento y distribución. De manera organizada la comunidad puede realizar este tipo de trabajos o actividades asegurando la salud de los consumidores, así como la calidad del agua a través del sistema de abastecimiento (Rivera & Vásquez, 2021).

### **3.5 Socialización de resultados**

El día lunes 10 de mayo del 2021, se realizó una breve presentación de los resultados obtenidos de los parámetros analizados y avances del manual de mantenimiento de los tanques, sin embargo, debido a las restricciones de movilidad y situación del COVID-19 estuvieron presentes solo los representantes del barrio San José “El Tablón” conformada por 5 personas.

Conforme a los resultados obtenidos se informó a los representantes sobre la presencia de fosfato en 4 puntos de 6 analizadas, donde se señaló; la fuente, tanque de almacenamiento y las dos viviendas seleccionadas presentan este compuesto, también la presencia del manganeso solo en la fuente. Se mencionó las posibles fuentes de contaminación que amenazan a la fuente y tanque de captación por no estar cubierta.

Se presentó 2 alternativas, la primera de bajo costo de filtros caseros de 2 membranas que permite la retención de fosfato en cada vivienda. La segunda alternativa es un sistema compuesta por la aireación, la filtración y la cloración que permitirá la eliminación del manganeso y fosfato, también como método preventivo para mejorar la calidad del agua de consumo humano. .

Se indicó algunas actividades de mantenimiento de los tanques según se señaló en el manual, así como el cronograma. La reunión duró aproximadamente una

hora y media. El 10 de julio se contó con la presencia de 64 usuarios con las respectivas medidas de seguridad, se les capacitó en relación al cuidado de la fuente de agua, presentación de resultados finales, la propuesta de mejoramiento del sistema de abastecimientos, mostrando las dos alternativas y la entrega actualizada del manual. La reunión empezó a las 9:15 am y finalizó a las 10:40 am.



**Figura 26.** Socialización de resultados con la comunidad

**Fuente:** Rivera E., Vásquez B

## **CAPÍTULO VI**



## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis de encuestas

#### 4.1.1 Resultados a partir de la encuesta general

Al realizar las encuestas a la población de la comunidad San José “El Tablón”, se procede a la revisión minuciosa de todos los datos obtenidos para proceder la información.

La cuantificación de la información de las encuestas, se realizó un conteo de las opciones seleccionadas en cada pregunta, se obtuvo el porcentaje de las respuestas por medio de regla de tres simple y posteriormente se realizó una gráfica correspondiente a cada pregunta, con el fin de analizar las tendencias de respuestas predominantes en cada pregunta hecha.

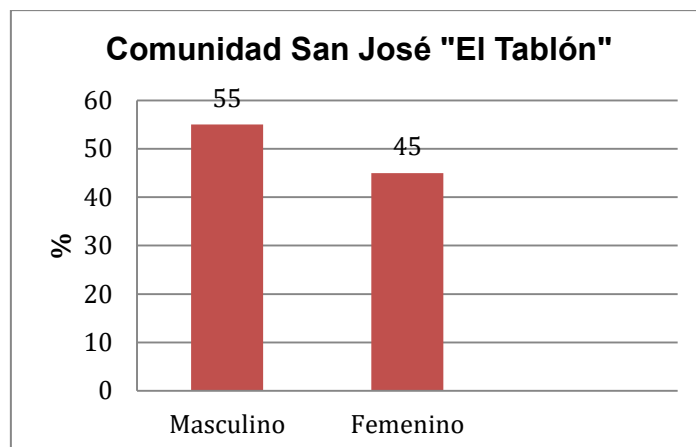
La realización de las encuestas se consideró el número de viviendas, con la finalidad de repetir la misma pregunta a otro miembro de la familia de la misma vivienda, a continuación, se presenta el porcentaje de personas encuestadas en base del género, según lo muestra en la **Tabla 17**.

**Tabla 16.** Número de personas de la población encuestada

Opciones	Comunidad	%
Masculino	6	55
Femenino	5	45
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>100</b>

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

La realización de la encuesta en la comunidad San José “El Tablón”, se tomó una muestra de 11 personas, lo que equivale al 15% de la población mencionada, según el registro de los asociados, lo cual revela una muestra representativa conforme (Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC, 2010), la cual se identificó mayor cantidad de hombres en la comunidad, corroborando los valores obtenidos en el último censo de Población y Vivienda (2010).



**Figura 27.** Población encuestada en la comunidad

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

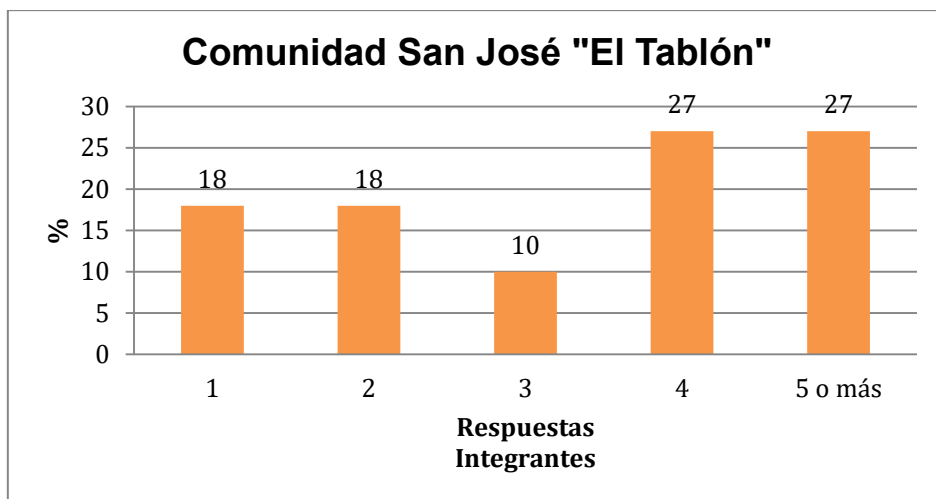
**Pregunta 1: Número de personas que habitan en su vivienda**

**Tabla 17.** Número de personas encuestadas por cada vivienda

Integrantes	Comunidad El Tablón	%
1	2	18
2	2	18
3	1	10
4	3	27
5 o más	3	27
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>100</b>

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

El resultado de la primera pregunta, “**Número de personas que habitan en su vivienda**”, reveló que en la comunidad de San José “El Tablón” el 27 % de los encuestados los miembros de la familia conforma entre 4 en adelante en la misma vivienda y el 10% los miembros de la familia son 3 en el mismo hogar, evidenciando que la comunidad se encuentra en vías de desarrollo.



**Figura 28.** Número de personas por vivienda

Elaborado por: Rivera E., Vásquez B.

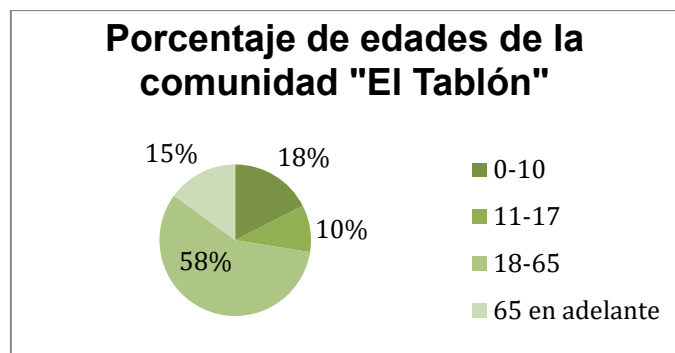
**Pregunta 2: Edad de los integrantes de la familia por número de personas**

**Tabla 18.** Rango de edad de los integrantes de cada familia encuestada

Edad	Número de personas	%
0-10	7	17,50
11-17	4	10,00
18-65	23	57,50
65 en adelante	6	15,00
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

Elaborado por: Rivera E., Vásquez B.

El resultado de la segunda pregunta, “**Edad de los integrantes de la familia por número de personas**”, reveló que en la comunidad de San José “El Tablón” el 57 % de los encuestados están entre la edad de 18-65 años quienes están en facultad de ejercer un trabajo en cualquier área y el 10% oscilan entre los 11-17 años, quienes están en facultad de cursar el colegio y bachiller, evidenciando que la comunidad se encuentra en población joven-adulta.



**Figura 29.** Porcentaje de edades de los integrantes por cada familia

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

**Pregunta 3: ¿Qué servicios tienen en su vivienda?**

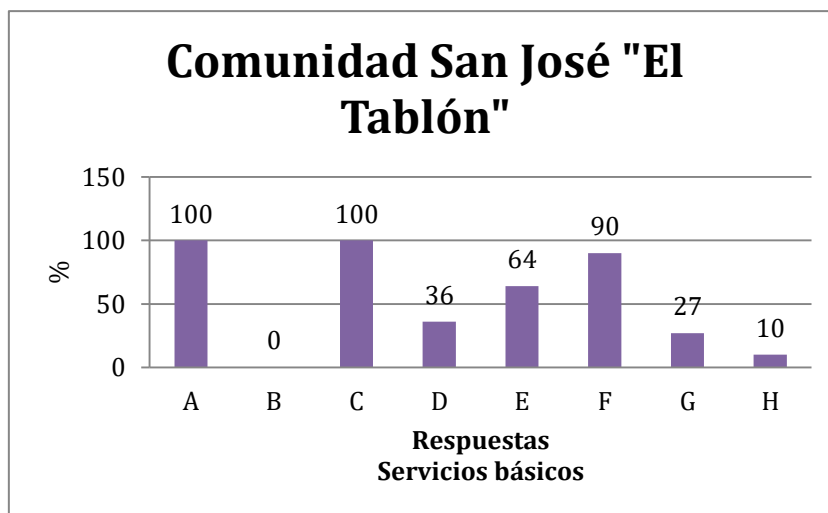
**Tabla 19.** Servicios básicos en las viviendas de la comunidad

Servicios		El Tablón	%
A	Energía eléctrica	11	100
B	Agua potable	0	0
C	Agua entubada	11	100
D	Alcantarillado	4	36
E	Pozo séptico	7	64
F	Recolector de residuos	10	90
G	Internet	3	27
H	Otros	1	10
<b>Total</b>		<b>11</b>	<b>100</b>

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

El resultado de la tercera pregunta, “**¿Qué servicios tienen en su vivienda?**”, reflejó en la comunidad San José “El Tablón” la totalidad de sus habitantes se abastece por agua entubada, el sistema de alcantarillado solo el 36% tiene acceso y los servicios de energía eléctrica se suministra el 100%, siendo los servicios básicos de primera necesidad.

\*Nota: el uso de pozo séptico en su mayoría se debe a que no están autorizados para su respectiva conexión a la red de alcantarillado, la conexión ilegítima a la red será sancionados por el EPMAPS-Quito.



**Figura 30.** Servicios básicos en las viviendas

Elaborado por: Rivera E., Vásquez B.

#### Pregunta 4: Nivel de educación

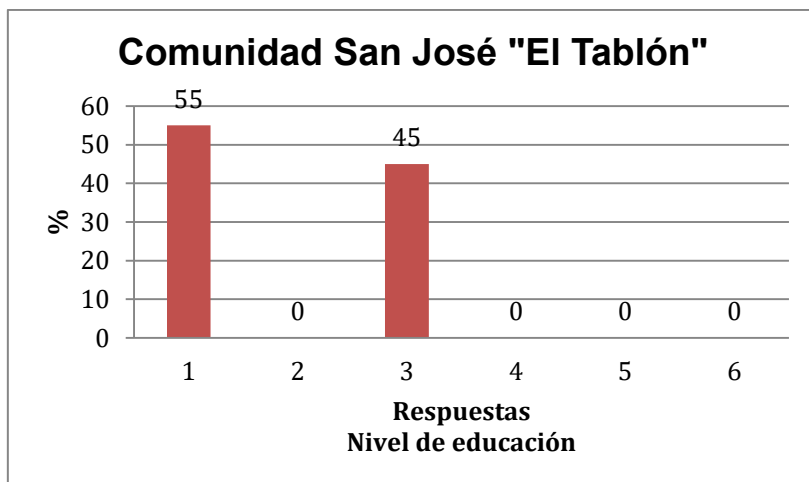
**Tabla 20.** Nivel de educación de la población encuestada

Educación		El Tablón	%
1	Primaria básica	6	55
2	Secundaria básica	0	0
3	Bachillerato	5	45
4	Pregrado	0	0
5	Postgrado	0	0
6	Otros	0	0
<b>Total</b>		<b>11</b>	<b>100</b>

Elaborado por: Rivera E., Vásquez B.

El resultado de la cuarta pregunta, “**Nivel de educación**”, reflejó que el 55% de los encuestados posee solamente un nivel educativo primaria básica y el 45%

son bachilleres, indicando que el desarrollo social aún se encuentra bajo con respecto a la educación.



**Figura 31.** Nivel de educación de la población

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

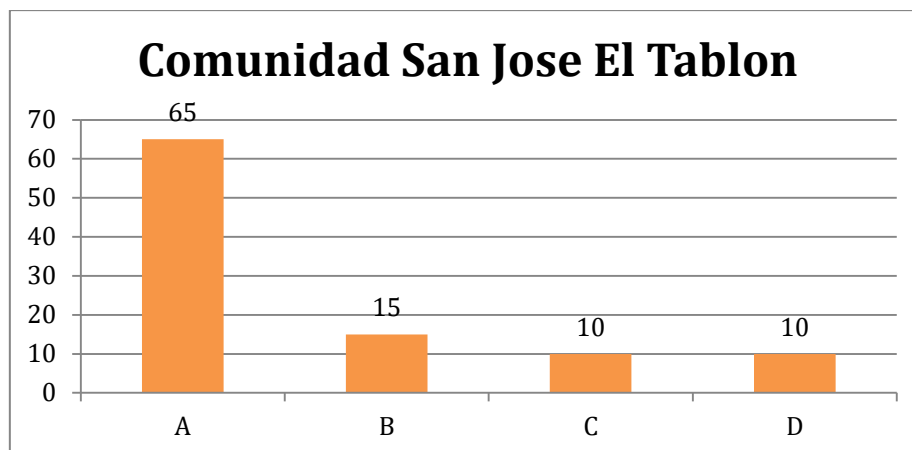
**Pregunta 5:** ¿Qué actividad económica realiza usted y su familia?

**Tabla 21.** Actividades de la población encuestada

Actividad económica		Número de personas dedicadas a esa actividad	%
A	Doméstico y/o estudiantes	26	65
B	Industrial	6	15
C	Otros	4	10
D	Agricultura y/o Ganadería	4	10
<b>Total de familias</b>		<b>40</b>	<b>100</b>

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

El resultado de la quinta pregunta, “¿Qué actividad económica realiza usted y su familia?”, reflejó en la comunidad San José “El Tablón”, el 65% de los encuestados y sus familiares, se dedican al oficio doméstico y/o estudiante, por otro lado, el 10% su oficio es agricultura, ganadería y/u otra actividad, indicando que la población activa económicamente sea baja.



**Figura 32.** Actividades de los habitantes

Elaborado por: Rivera E., Vásquez B.

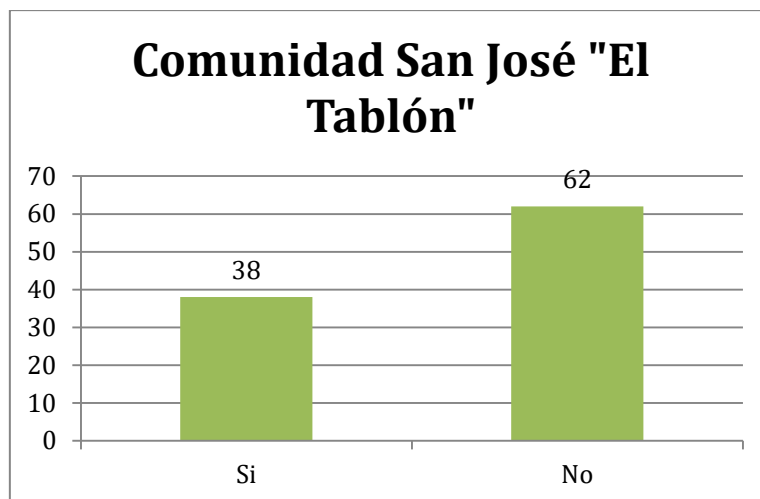
**Pregunta 6:** ¿Usted o un miembro de su familia presenta problemas de salud?

**Tabla 22.** Número de personas enfermas en la población encuestada

Personas enfermas	Número de personas	%
Si	15	38
No	25	62
<b>Total</b>	40	100

Elaborado por: Rivera E., Vásquez B.

El resultado de la sexta pregunta, “¿Usted o un miembro de su familia presenta problemas de salud?”, reflejó en la comunidad San José “El Tablón”, el 62% de los encuestados y sus familiares, no presentan problemas de salud, mientras el 38% tiene algún problema en su salud.



**Figura 33.** Problemas en la salud de los habitantes

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

**Pregunta 7:** ¿Qué tipo de problemas de salud presenta usted o un miembro de su familia?

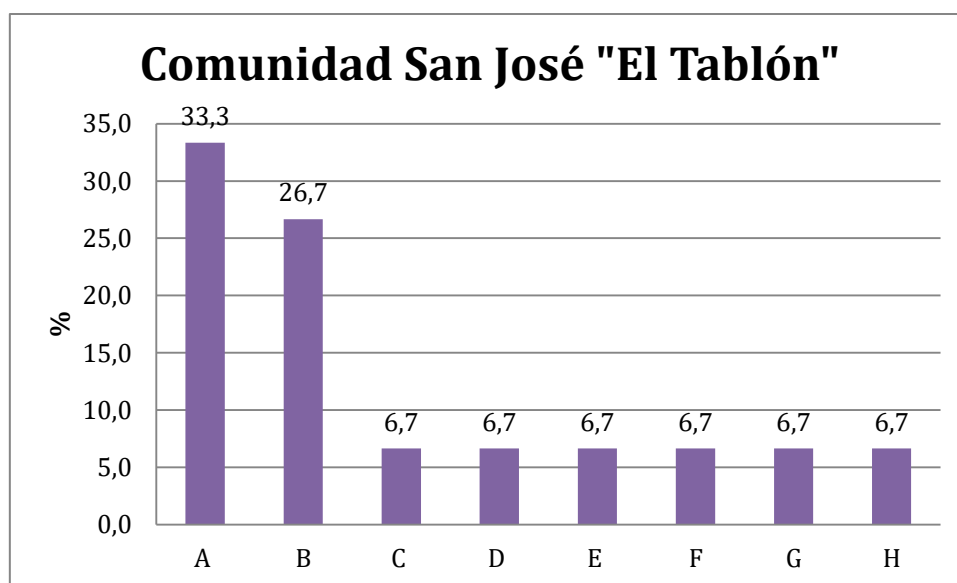
**Tabla 23.** Tipos de enfermedades en la población

Tipo de enfermedad		Número de personas	%
A	Dolor estomacal	5	33,3
B	Gripe	4	26,7
C	Glucosa alta	1	6,7
D	Artrosis	1	6,7
E	Problemas de cintura	1	6,7
F	Problemas de corazón	1	6,7
G	Epilepsia	1	6,7
H	Cáncer de estómago	1	6,7
<b>Total</b>		<b>15</b>	<b>100,0</b>

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.



El resultado de la séptima pregunta, “¿Qué tipo de problemas de salud presenta usted o un miembro de su familia?”, reflejó en la comunidad San José “El Tablón” de la pregunta seis en respuesta afirmativa, el 33% de los encuestados o uno de sus familiares, presenta dolor estomacal, mientras el 7% tiene glucosa alta, artrosis, problemas de cintura, problemas de corazón, epilepsia o cáncer de estómago, indicando como factor al clima, mala alimentación o problemas de potabilización del agua.



**Figura 34.** Tipos de enfermedades en la población

Elaborado por: Rivera E., Vásquez B.

**Pregunta 8:** ¿Usted o un miembro de su familia presenta bono de desarrollo humano?

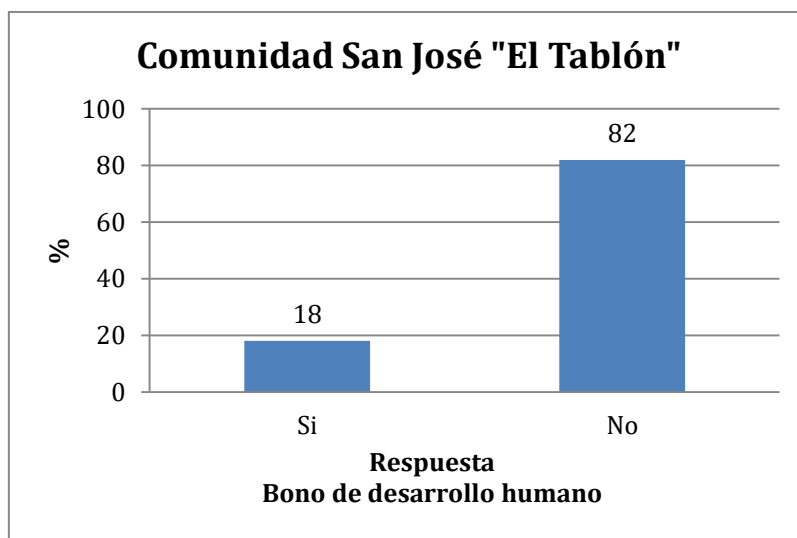
**Tabla 24.** Bono de desarrollo humano en la población

Bono	El Tablón	%
Si	2	18
No	9	82
<b>Total</b>	11	100

Elaborado por: Rivera E., Vásquez B.

El resultado de la octava pregunta, “¿Usted o un miembro de su familia presenta bono de desarrollo humano?”, reflejó en la comunidad San José “El Tablón”, el 82% de los encuestados, no presenta el bono de desarrollo humano,

mientras el 18% si tienen el bono, indicando poca ayuda por parte de los organismos sociales, GAD parroquial que disminuye el desarrollo comunitario.



**Figura 35.** Bono de desarrollo humano de la población

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B

#### **4.1.2 Resultados a partir de la entrevista al técnico presente**

La realización de la entrevista al técnico fue por medio de diferentes preguntas abiertas, las preguntas realizadas fueron hechas de manera superficial sin indagar muy profundo. También se visitó la fuente de captación y el tanque de distribución, lo cual se pudo corroborar la información otorgada por la técnica, quien fue nuestra guía en el recorrido. El formato que se utilizó ver en anexo 1.2.

##### **Pregunta 1: Tipo de sistema de abastecimiento**

El resultado de la entrevista de la pregunta uno “**Tipo de sistema de abastecimiento**”, en la comunidad San José “El Tablón” es de tipo gravedad sin tratamiento.

##### **Pregunta 2: Fuente de captación**

El resultado de la entrevista de la pregunta dos “**Fuente de captación**”, en la comunidad San José “El Tablón”, se observó un ojo de agua proveniente subterráneo desde el páramo cercano a las Piscinas de pesca deportiva “Pisciandes”, según señaló la técnica la fuente se ha descubierto hace 27 años (Véase, **figura 9**).

##### **Pregunta 3: Características del agua subterránea de la fuente**

El resultado de la entrevista de la pregunta tres **“Características del agua subterránea de la fuente”**, en la comunidad San José “El Tablón”, se observó una caída de 15,5 cm desde la abertura hasta el choque en la superficie, alrededor del ojo de agua hay rocas y piedra, el choque constante del agua con la superficie sólida puede desprender algunos metales característicos de la roca, también se visualizó un tanque de captación a 5 cm de la fuente.

#### **Pregunta 4: Características del tanque de captación**

El resultado de la entrevista de la pregunta cuatro **“Características del tanque de captación”**, en la comunidad San José “El Tablón”, se observó que está expuesto a cielo abierto, no presenta ninguna cobertura o barras tanto superficial como lateral que cubran de matorrales, pastizales, hojas de árboles, piedras, rocas y tallos. El dimensionamiento es de 1,5 m de ancho, 2 m de profundidad y 3 m de largo.

#### **Pregunta 5: Volumen aproximado de consumo del agua en la comunidad**

El resultado de la entrevista de la pregunta cinco **“Volumen aproximado de consumo del agua en la comunidad”**, en la comunidad San José “El Tablón”, según la técnica el volumen estimado es de 12 m<sup>3</sup> por cada mes aproximado, debido a que es la cantidad estándar suficiente para la población de la comunidad, esto se ve reflejado en las planillas del agua de los medidores, explicó que la razón de esa cantidad de consumo es por bajos costos de pago en la planilla.

#### **Pregunta 6: ¿Presentan algún tratamiento de desinfección convencional o tradicional para el agua de consumo humano?**

El resultado de la entrevista de la pregunta seis **“¿Presentan algún tratamiento de desinfección convencional o tradicional para el agua de consumo humano?”**, en la comunidad San José “El Tablón”, la técnica mencionó que no cuentan con ningún tratamiento de potabilización, el agua que consume la comunidad es 100% cruda, el único tratamiento que se da es en la retención de sólidos por medio de filtros que se encuentran ubicados en los medidores de agua en cada vivienda.

### **Pregunta 7: Características del sistema de conducción del agua de consumo**

El resultado de la entrevista de la pregunta siete “**Características del sistema de conducción del agua de consumo**”, en la comunidad San José “El Tablón”, la técnica mencionó que las tuberías se encuentran enterradas a una profundidad entre 1-1,5 m desde la salida del tanque de captación hasta la distribución en las viviendas. También presenta 8 válvulas de aire, un tanque de almacenamiento y uno de distribución, en ninguno se realiza tratamiento alguno.

### **Pregunta 8: ¿Qué mantenimiento realizan en los tanques de captación, almacenamiento y distribución?**

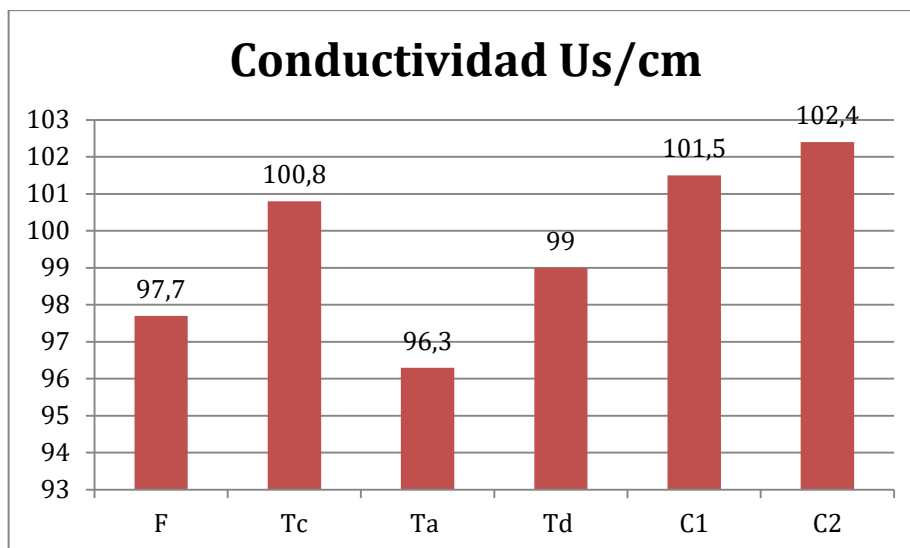
El resultado de la entrevista de la pregunta ocho “**¿Qué mantenimiento realizan en los tanques de captación, almacenamiento y distribución?**”, en la comunidad San José “El Tablón”, la técnica señaló en el tanque de captación el mantenimiento de lo realiza una vez cada dos meses por parte de la misma comunidad, realizan limpieza superficial, retiro de escombros, hojas, hierbas, etc. Por otro lado, los otros dos tanques, no se ha realizado mantenimiento en el último año, solo limpieza superficial alrededor de los tanques.

## **4.2 Evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos**

### **4.2.1 Evaluación de los resultados obtenidos *in situ***

- **Conductividad**

En la figura 30 se aprecia los resultados obtenidos de la conductividad en cada punto de muestreo.



**Figura 36.** Resultados de conductividad

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

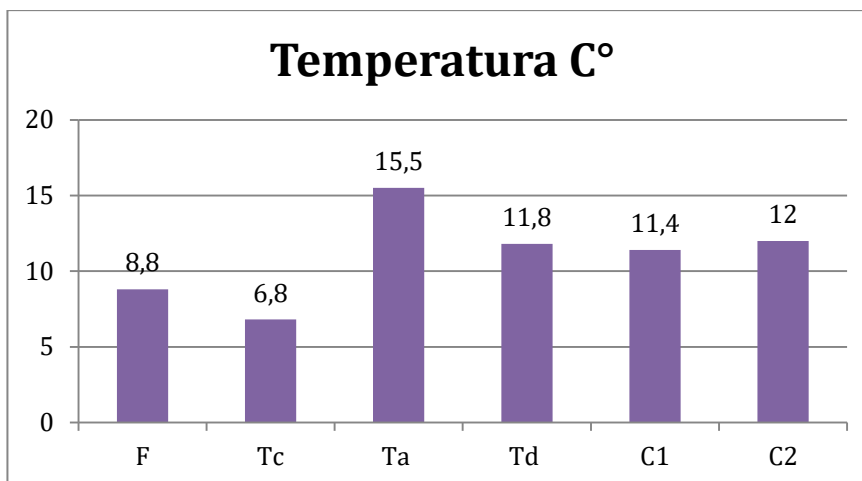
No se ha hallado ningún criterio, ni límite máximo permisible en las normativas INEN 1108, A.M 97<sup>a</sup> y TULSMA, libro VI, anexo 2, donde se pueda verificar el valor máximo de la conductividad eléctrica.

Sin embargo, en la normativa colombiana, el Decreto 475. **Art 7 y 8** para criterios de calidad de agua potable el rango permitido es entre **50 – 1000 us/cm** y en los **Art 36 y 37** para criterios de consumo humano de agua segura, el límite es **<=1500 us/cm**. la conductividad eléctrica en todos los puntos se encuentra dentro de los límites permitido conforme al decreto 475 de la normativa colombiana.

Los valores obtenidos en el C1 y C2 fueron 101,5 y 102,4 *us/cm* respectivamente, son los más elevados en comparación con los otros puntos por la temperatura de medición y la presencia de compuesto inorgánico, en este caso el fosfato, debido a que el tanque de distribución presenta material flotante, también por la falta de mantenimiento en los conductos de agua y tanques (**Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, 2006**).

- **Temperatura**

En la figura 40 se aprecia los resultados obtenidos *in situ* de la temperatura en cada punto de muestreo.



**Figura 37.** Resultados de temperatura

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

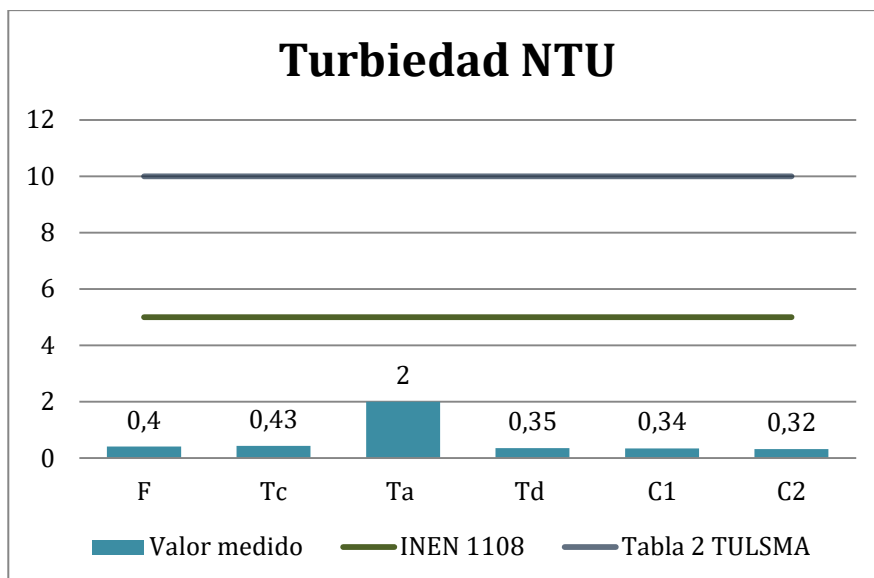
Conforme a la normativa TULSMA del libro VI, anexo 2 tanto en la tabla 1 como la 2, señalan que el límite máximo permisible debe ser  $-3^{\circ}\text{C}$  en condiciones naturales. La variación de la temperatura no varió demasiado a la temperatura ambiente del momento.

La temperatura en los puntos se encuentra entre 6,8 a 15,5  $^{\circ}\text{C}$ . En los dos primeros puntos se debe a la hora de toma de muestra y condiciones climáticas, la medición se realizó a las 8:45 am mientras llovía a temperaturas muy bajas, hubo presencia de neblina y se encontraba a una altura de 3104 n.m.s.n.

Ese mismo día los puntos Td, C1 y C2 se llevaron a cabo a partir de las 11:40 am, el clima se encontraba despejado y húmedo, mientras que el punto Ta se midió en otra fecha a las 10:30 am con presencia de sol.

- **Turbiedad**

En la figura 41 se aprecia los resultados obtenidos de la turbiedad en cada punto de muestreo.



**Figura 38.** Resultados de turbiedad

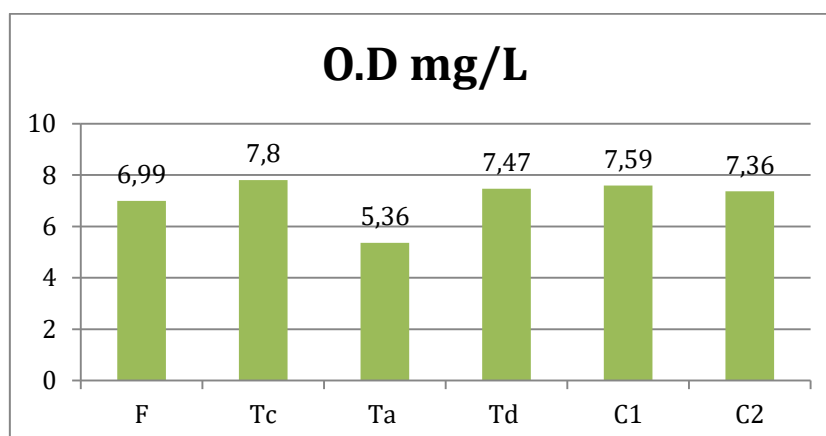
**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

Conforme a la normativa INEN 1108, el límite máximo es de **5 NTU** y en TULSMA del libro VI, anexo 2 en la tabla 2 el valor admisible es de **10 NTU**, donde se verifica que todos los puntos cumplen con la normativa.

En el punto Ta es de 2 NTU, a diferencia de los otros puntos es elevado debido a las condiciones del tanque de almacenamiento, la tapa de cubierta del tanque, de a poco se va desmoronando por el tipo de material que es de cemento, el desgaste es notorio.

- **Oxígeno Disuelto**

En la figura 42 se aprecia los resultados obtenidos del oxígeno disuelto en cada punto de muestreo.



**Figura 39.** Resultados de oxígeno disuelto

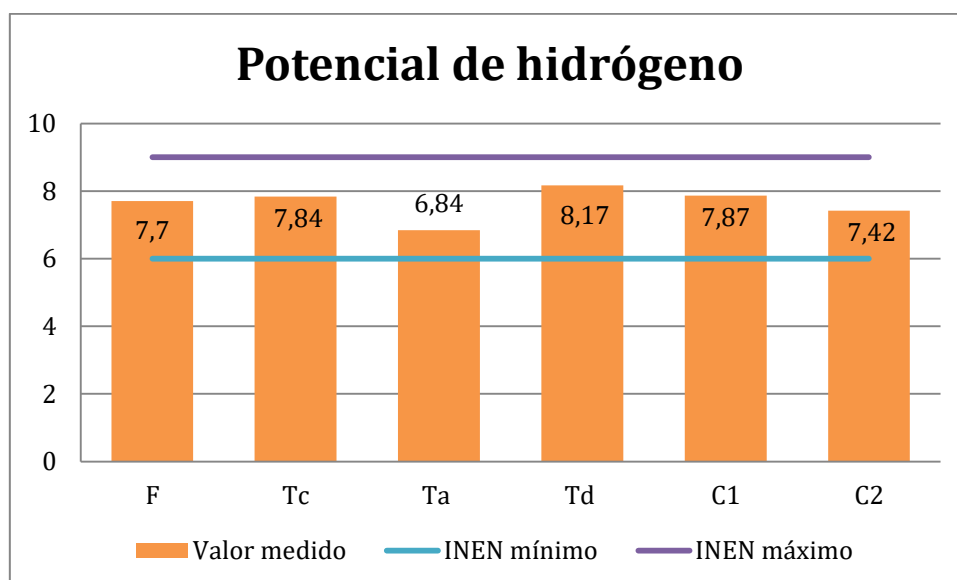
**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

Conforme a la normativa TULSMA del libro VI, anexo 2 en la tabla 2 el valor admisible es no menor de 6 mg/L y no menor a 80% de saturación, donde se observa que cinco puntos están en el rango, sobrepasando el límite mínimo, sin embargo, en el punto Ta no se cumple con el mínimo, debido a la temperatura que se encontraba en ese instante fue de 15,5 °C.

La relación de la temperatura con el oxígeno es inversa, a mayor temperatura el oxígeno disminuye y viceversa.

- **Potencial de hidrógeno**

En la figura 43 se aprecia los resultados obtenidos del potencial de hidrógeno en cada punto de muestreo.



**Figura 40.** Resultados de potencial de hidrógeno

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

Conforme a la normativa INEN 1108 sobre criterios de calidad de agua de consumo humano el valor admisible está entre 6 – 9 de pH, en la figura 43 se visualiza que todos los puntos están dentro de los límites permisibles.

El pH en el Ta fue de 6,84 debido a que la temperatura en el sitio de medición estaba alrededor de 15,5 °C, en relación a la temperatura es inversamente proporcional, a mayor temperatura menos pH y viceversa.



#### 4.2.2 Evaluación de los resultados obtenidos en laboratorio

- Físico

##### Sólidos disueltos totales

En la figura 44 se aprecia los resultados obtenidos del oxígeno disuelto en cada punto de muestreo.

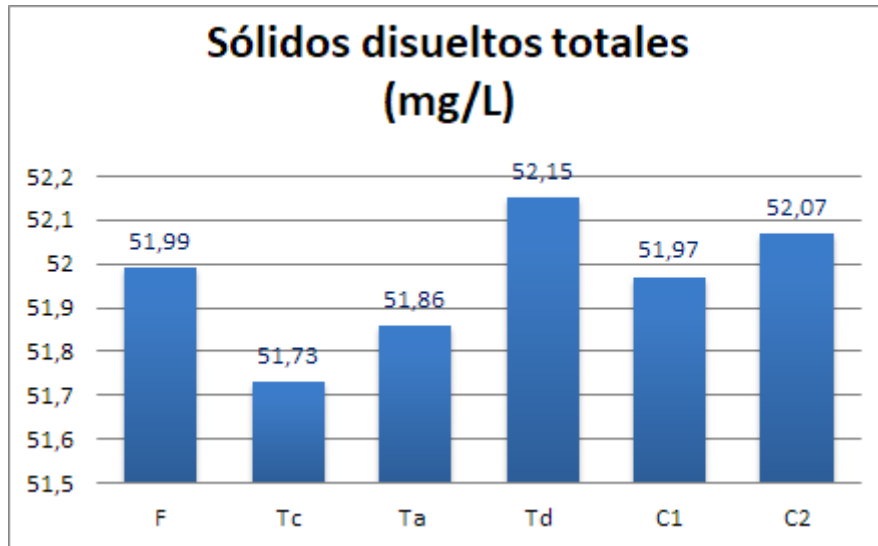


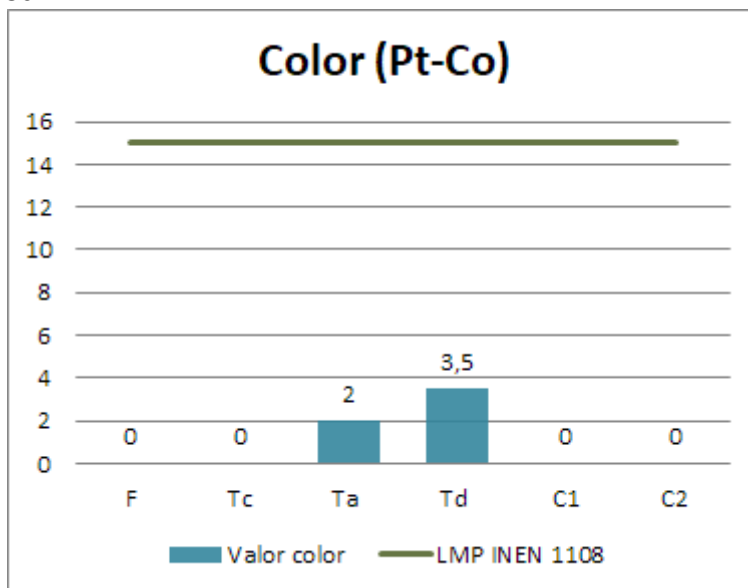
Figura 41. Resultados sólidos disueltos totales

Elaborado por: Rivera E., Vásquez B.

Conforme a la normativa TULSMA del libro VI, anexo 1 en la tabla 2 el valor admisible es máximo de **500 mg/L**, en efecto todos los puntos cumplen con la norma establecida.

En el punto Td se visualiza que el valor obtenido fue de 52,15 mg/L, la razón de ser la más elevada es por la poca frecuencia de mantenimiento y limpieza, se observó material flotante en dicho tanque.

➤ **Color real**



**Figura 42.** Resultados del color real

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

Conforme a la normativa INEN 1108, el límite permitido es de 15 unidades de Platino - Cobalto. El valor obtenido en los puntos de muestreo se encuentra por debajo del límite, indicando que cumple con la norma establecida.

en los puntos Ta y Td los valores fueron 2 y 3,5 respectivamente, aparentemente el agua es cristalina en todos los puntos, sin embargo, en los puntos señalados anteriormente se debe esa cantidad a la presencia de material flotante en los tanques por falta de mantenimiento.

- **Químicos**

- **Alcalinidad total**

En la tabla 26 se observa la comparación del resultado obtenido en el laboratorio de la fuente de agua con el decreto 475 de la normativa colombiana por la razón que no hay ninguna normativa ecuatoriana que presenta el límite máximo permisible del consumo de agua para este parámetro

**Tabla 25.** Comparación de resultado con normativa colombiana

Muestra	Alcalinidad Total mg/L	Decreto 475, Colombia	
		Agua potable. Art 7 y 8	Agua segura Art. 36 y 37
Fuente	59,8	100	120

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

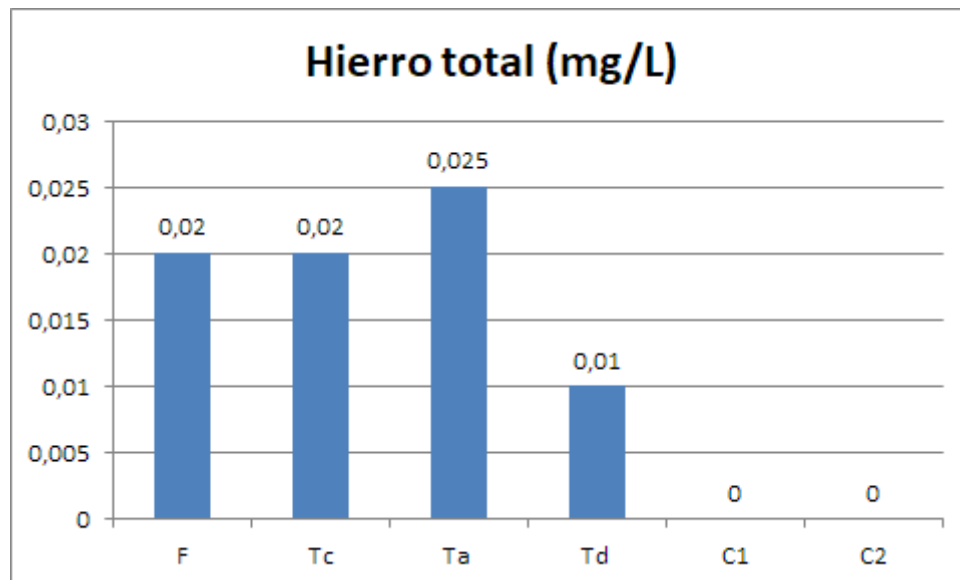
El análisis de la alcalinidad solo se realizó para el primer punto, la fuente.

No se ha hallado ningún criterio, ni límite máximo permisible en las normativas INEN 1108, A.M 97<sup>a</sup> y TULSMA, libro VI, anexo 1, donde se pueda verificar el valor máximo de la alcalinidad total.

Sin embargo, en la normativa colombiana, el Decreto 475. **Art 7 y 8** para criterios de calidad de agua potable el rango permitido es entre **100 CaCO mg/L** y en los **Art 36 y 37** para criterios de consumo humano de agua segura, el límite es **120 CaCO mg/L**. La alcalinidad en el punto establecido se encuentra dentro de los límites permitido conforme al decreto 475 de la normativa colombiana, siendo 59,8 CaCO mg/L su valor final.

➤ **Hierro Total**

En la figura 46 se aprecia los resultados obtenidos del hierro total en cada punto del muestreo.



**Figura 43.** Resultados de ensayo hierro total

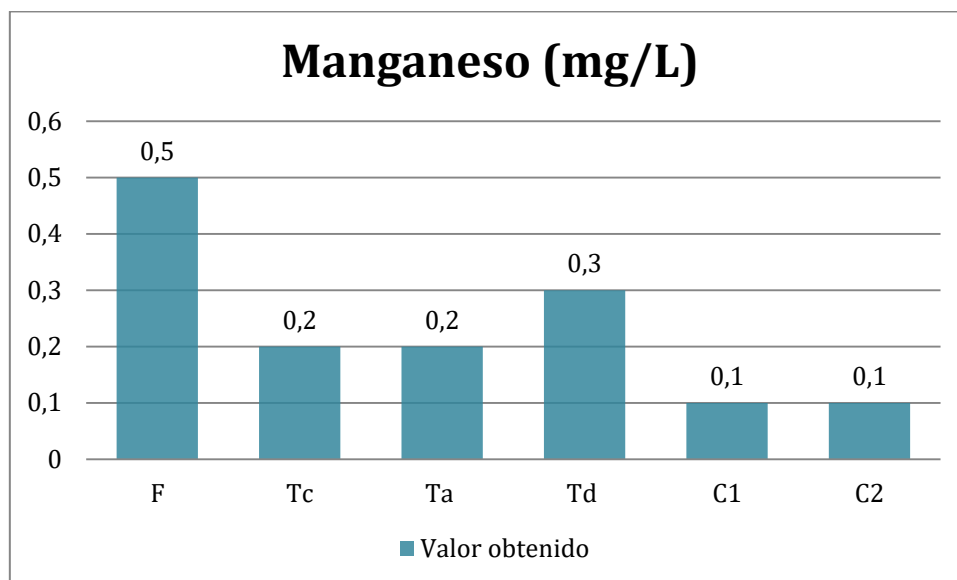
**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

Conforme a la normativa TULSMA del libro VI, anexo 1 en la tabla 1 y 2 el valor admisible es **1 y 0,3 mg/L** respectivamente, mientras que el A.M 97<sup>a</sup> es de **0,1 mg/L**, como se observa en la figura 18 todos los puntos cumplen con los límites permisibles de las normativas, siendo el valor máximo entre los puntos 0,025

mg/L del tanque de almacenamiento, la diferencia con los otros puntos es mínima.

➤ **Manganeso**

En la figura 47 se aprecia los resultados obtenidos del manganeso en cada punto del muestreo



**Figura 44.** Resultados de manganeso

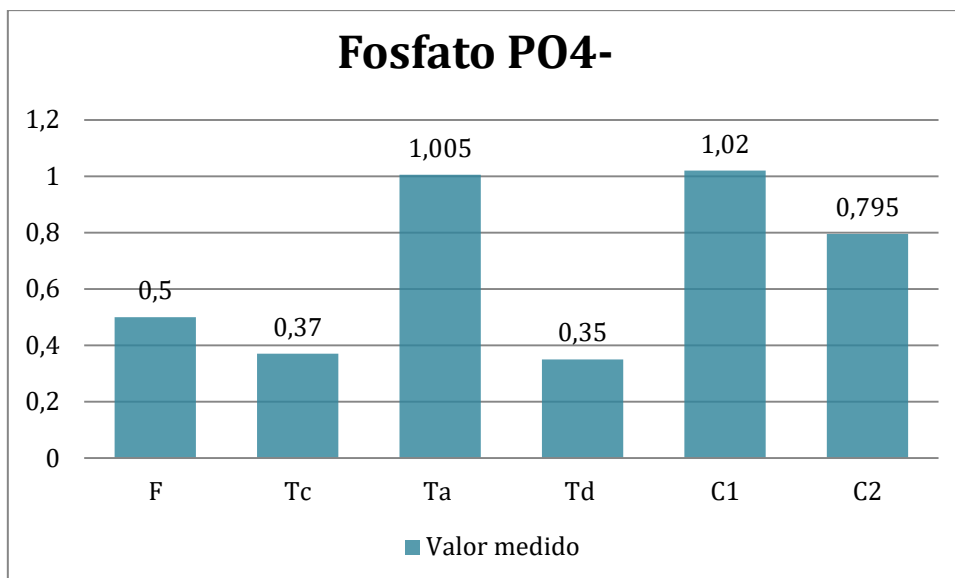
**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

Conforme a la normativa INEN 1108 el valor máximo permitido es de **0,4 mg/L** y en el TULSMA del libro VI, anexo 1 en la tabla 1 y 2 el valor admisible es **0,1 mg/L**. Como se observa en la figura 19, el punto F sobrepasa el límite máximo permisible dentro de la normativa INEN 1108, mientras los otros puntos cumplen el nivel permitido.

Según la tabla 1 y 2 del TULSMA del libro VI, anexo 1, sólo los puntos C1 y C2 se encuentran en el límite permitido. La comparación final se basa en el INEN 1108, donde se señala que en la fuente presenta demasiado Manganeso con una diferencia de 0,1 más que la normativa.

➤ **Fosfato**

En la figura 48 se aprecia los resultados obtenidos del fosfato en cada punto del muestreo.



**Figura 45.** Resultados de fosfato

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

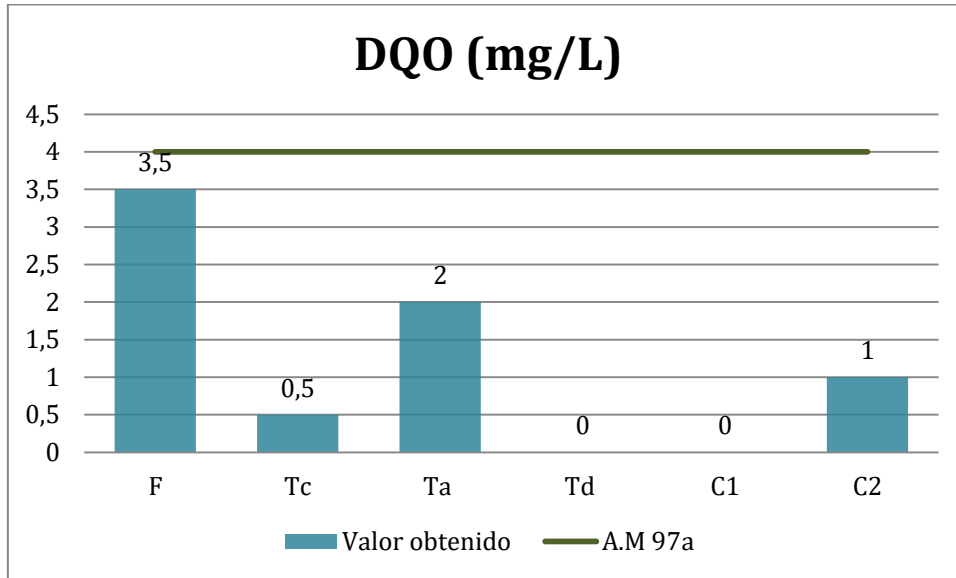
No se ha hallado ningún criterio, ni límite máximo permisible en las normativas INEN 1108, A.M 97<sup>a</sup> y TULSMA, libro VI, anexo 1, donde se pueda verificar el valor máximo del fosfato.

Al no haber referencia en las normativas ecuatorianas del límite máximo permisible del fosfato en el agua de consumo humano, se tomó de referencia la normativa colombiana, el Decreto 475. **Art 7 y 8** para criterios de calidad de agua potable y los **Art 36 y 37** para criterios de consumo humano de agua segura, las cuales comparten en su mayoría criterios técnicos de agua potable.

En el primer decreto ningún punto cumple con los límites máximos permisibles donde el rango permitido es de 0,2 mg/L, mientras que el segundo decreto el rango establecido es de 0,4 mg/L, se observa los puntos Tc y Td cumplen con los valores permitidos, aunque la diferencia es mínima de 0,03 y 0,05 respectivamente.

➤ **DQO**

En la figura 49 se aprecia los resultados obtenidos de los ensayos de DQO en cada punto del muestreo



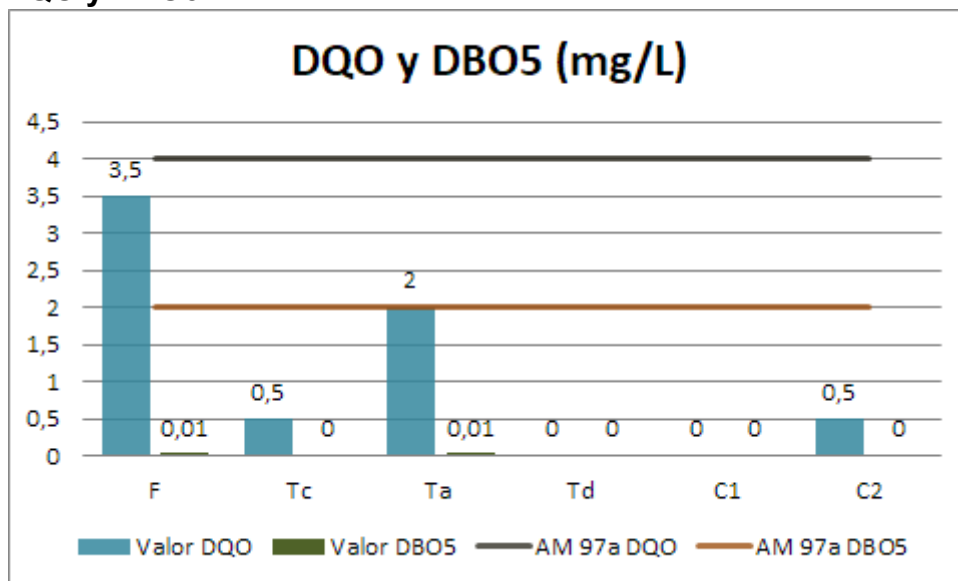
**Figura 46.** Resultados de ensayo DQO

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

No se ha hallado ningún criterio, ni límite máximo permisible en las normativas INEN 1108 y TULSMA, libro VI, anexo 1, sin embargo, en el A, M 97<sup>a</sup> el valor admisible es menor a 4 mg/L.

Como se visualiza en la figura 49, todos los puntos están por debajo de 4, comprobando el cumplimiento con el acuerdo ministerial, aunque en la fuente, la diferencia entre el valor permitido es de 0,5 mg/L, esto puede significar un posible crecimiento en la demanda química de oxígeno.

➤ **DQO y DBO5**



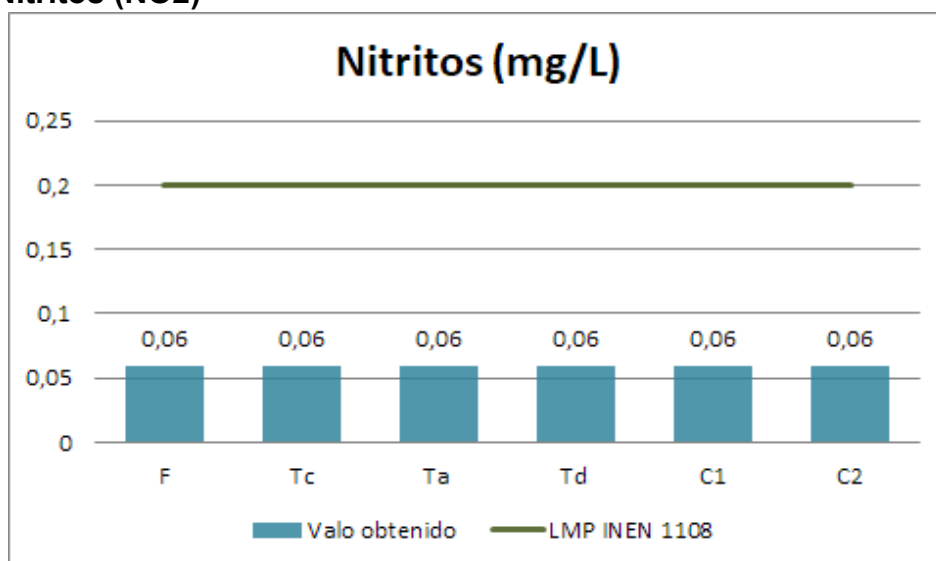
**Figura 47.** Resultados de ensayos DQO y DBO5

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

En los ensayos de DBO5 solo se realizó de dos puntos, la fuente y tanque de almacenamiento, debido a que en la práctica del DQO se obtuvo resultados entre 2 - 4 mg/L. Teóricamente la relación entre el DQO y DBO5 indica que la primera es dos veces mayor.

Como se visualiza en la figura 50, el DBO5 cumple con los niveles máximo permisible en la normativa AM 97a, por lo tanto, la carga orgánica es casi nula.

➤ **Nitritos (NO2)**



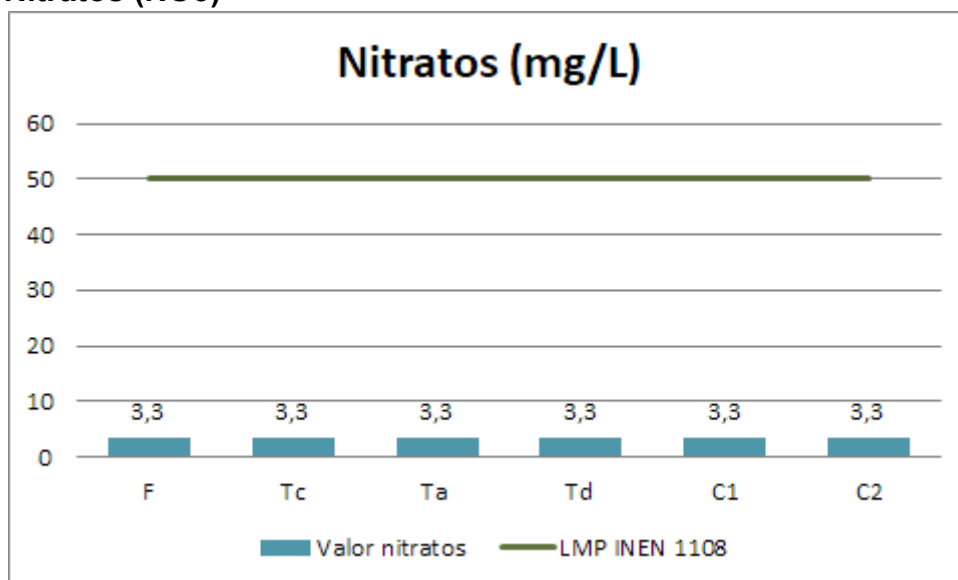
**Figura 48.** Resultados de Nitritos

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

Los resultados finales del ensayo de cada muestra resultaron <0,06 mg/L.

Según la normativa INEN 1108 el límite es de 0,2 mg/L, como se visualiza en la figura 51 todos los puntos cumple con los valores establecidos.

➤ **Nitratos (NO<sub>3</sub>)**



**Figura 49.** Resultados de nitratos

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

Los resultados finales del ensayo de cada muestra resultaron <3,3 mg/L.

Según la normativa INEN 1108 el límite es de 50 mg/L, como se visualiza en la figura 52 todos los puntos cumple con los valores establecidos.

➤ **Arsénico**

En la tabla 28 se observa la comparación de resultados del arsénico con las normativas descritas.

**Tabla 26.** Comparación de resultados con normativas ecuatorianas

Muestra	Arsénico mg/L	INEN 1108	Tabla 1 y 2 TULSMA	A.M 97 <sup>a</sup>
Fuente	<0,005	0,01	0,05	0,1

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

El análisis del arsénico solo se realizó para el primer punto, la fuente. Los resultados finales del ensayo de la muestra fueron <0,005 mg/L.



En comparación con las normativas ecuatorianas, cumple con todos los límites permitidos.

➤ **Nitrógeno Kjeldahl**

Los resultados finales del ensayo de cada muestra resultaron <1,0 mg/L., no se encontro en ninguna normativa este parámetro como se refleja en la tabla 31, sin embargo se estima que no presenta ningún riesgo a la calidad del agua de consumo humano, debido a su valor bajo.

➤ **Fluoruro**

Los resultados de todas las muestras de este ensayo fueron negativos. Este ensayo se lo realizo como parámetro opcional para verificar la calidad del agua, Al tener un valor negativo no requiere comparar con la normativa por su nula presencia en el agua proveniente de la fuente.

➤ **Sulfato**

El análisis del sulfato solo se realizó para la fuente. Como resultado se obtuvo 0 mg/L. De igual manera que el fluoruro, este ensayo fué realizado como parámetro opcional. Al tener un valor cero no requiere comparar con la normativa por su nula presencia en el agua de la fuente.

• **Microbiológicos**

➤ **Coliformes fecales**

Los resultados finales del ensayo para cada muestra resultaron <1,1 mg/L

Según la normativa INEN 1108 el valor máximo es <1,1 mg/L, por lo tanto, en todos los puntos se cumple con lo establecido en la normativa. No hay presencia de coliformes en ningún punto analizado como se observa en la tabla 31.

**4.3 Evaluación de calidad en la fuente**

**4.3.1 Evaluación del ICA en la fuente**

Los resultados finales según la tabla 28 se observa conforme a los parámetros que se ellijeron para la determinación del índice de calidad.

**Tabla 27.** Resultado de la evaluación ICA






Parámetros	Unidades	Peso relativo (Wi)	Valor medido	Si	Si * Wi
------------	----------	--------------------	--------------	----	---------

pH	U pH	0,12	7,7	89	10,68
Oxígeno disuelto	Mg/L	0,17	6,99 al 31,7%	21,3	3,62
Turbidez	NTU	0,08	0,4	94,93	7,59
Fosfatos	mg/L	0,1	0,5	63,55	6,36
Nitratos	mg/L	0,1	<3,3	75,86	7,59
S.D.T	mg/L	0,08	51,99	84,41	6,75
DBO5	mg/L	0,1	0,01	97,64	9,76
Coliformes fecales	NMP/100 ml	0,15	<1,1	97,70	14,66
Variación de Temperatura	°C	0,1	8,8 – 8,6 =0,3	89	8,9
<b>Sumatoria total</b>					75,91

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

Al evaluar el índice de calidad de la fuente, se observa en la Tabla 29 que las condiciones están en buena calidad con un 75, 91% del total, sin embargo, aún requiere de mejorar su sistema de tratamiento para subir la calidad del agua de consumo humano.

**Tabla 28.** Evaluación ICA de la fuente

Valor del índice de Calidad	Clasificación	Escala de color
91 – 100	Excelente calidad	
71 – 90	Buena calidad	
51 – 70	Mediana calidad	
26 – 50	Mala calidad	
0 – 25	Muy mala calidad	

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

Por tal razón se propuso en el cuidado de la fuente y tanque de captación como una medida preventiva, Así que señaló dos métodos de tratamiento, uno a nivel comunitario y el otro a nivel doméstico.

El caudal en la fuente es de 12,96 m<sup>3</sup>/día.

#### **4.4 Comparación de resultados con la normativa vigente**

A continuación, en la tabla 30 se presenta las comparaciones de los resultados que se obtuvo en los laboratorios de cada punto establecido, las normativas en

que nos basamos fueron: TULSMA, Libro VI, anexo 1, tabla 1 y 2 del 2015, INEN 1108 del 2011, así también el Acuerdo Ministerial 097-A y la normativa Colombiana Decreto 475 – Art 7, 8, 9, 36 y 37 del año 1998.

Como se puede apreciar casi todos los puntos están dentro de los límites permisibles de los parámetros establecidos, a excepción del fosfato que sobrepasa el rango establecido en 4 puntos de 6 del Decreto Colombiano 475 y el manganeso en la fuente que pasa el límite de la normativa INEN 1108.

**Tabla 29.** Comparación de resultados con normativa vigente

		RESULTADOS OBTENIDOS																		
		Temperatura C°	Conductividad ad Us/cm	O.D mg/L	pH	Turbiedad NTU	Color verdadero Pt-Co	S.S.T mg/L	S.D.T mg/L	Alcalinidad Total mg/L	Arsénico mg/L	DQO mg/L	DBO mg/L	Fosfato mg/L	Fe. total mg/L	Mn mg/L	Nitrito mg/L	Nitrato mg/L	Nitrógeno Kjeldahl mg/L	Col. Fecales NMP/100 ml
MUESTRAS	F	8,8	97,7	6,99	7,7	0,4	<1	<20	52	59,8	<0,005	3,5	0,01	0,5	0,02	0,5	<0,06	<3,3	<1,0	<1,1
	Tc	6,8	101	7,8	7,84	0,43	<1	24	51,7	-	-	0,5	0	0,37	0,02	0,2	<0,06	<3,3	<1,0	<1,1
	Ta	15,5	96,3	5,36	6,84	2	2	<20	51,9	-	-	2	0,01	1,01	0,03	0,2	<0,06	<3,3	<1,0	<1,1
	Td	11,8	99	7,47	8,17	0,35	3,5	26	52,2	-	-	0	0	0,35	0,01	0,3	<0,06	<3,3	<1,0	<1,1
	C1	11,4	102	7,59	7,87	0,34	<1	<20	52	-	-	0	0	1,02	0	0,1	<0,06	<3,3	<1,0	<1,1
	C2	12	102	7,36	7,42	0,32	<1	<20	52,1	-	-	0,5	0	0,8	0	0,1	<0,06	<3,3	<1,0	<1,1
NORMATIVAS	INEN 1108	-	-	-	-	5	15	-	-	-	0,01	-	-	-	-	0,4	0,2	50	-	<1,1
	Tabla 1 TULSMA	Condición natural -3 °C	-	No menor a 6 mg/L	6 a 9	100	100	-	1000	-	0,05	-	2	-	1	0,1	1	10	-	600
	Tabla 2 TULSMA	Condición natural -3 °C	-	No menor a 6 mg/L	6 a 9	10	20	-	500	-	0,05	-	2	-	0,3	0,1	1	10	-	-
	Tabla 1 A.M 97a	-	-	-	6 a 9	100	75	-	-	-	0,1	<4	<2	-	1	-	0,2	50	-	1000
	Decreto 475 - Colombia Art. 7, 8, 9	-	50 a 1000	-	-	-	-	-	-	100	0,01	-	-	0,2	0,3	0,1	0,1	10	-	-
	Art. 36, 37	-	<=1500	-	-	<=5	<25	-	-	120	0,05	-	-	0,4	0,5	0,2	1	10	-	-

## **4.5 Propuesta para el mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano aplicable a la comunidad**

### **4.5.1 Aireación y desinfección por cloro**

Según la tabla 30 se observa la presencia de manganeso y fosfato. El primero de encuentra en la fuente de agua con una concentración de 0,5 mg/L la cual sobrepasa 0,1 mg/l el límite máximo permisible conforme a la normativa INEN 1108.

El fosfato según la tabla 30 no se haya un valor limitante en la norma ecuatoriana, por lo cual para su estimación se verificó en la normativa colombiana quien comparte mayor criterios técnicos en calidad del agua.

En la literatura se revisó que la técnica que permite la remoción del manganeso es el aireador, por lo cual se tomó como alternativa de tratamiento (ver anexo 7).

#### **• Aireación**

Es un tipo de proceso de tratamiento subterránea en la cual modifica las concentraciones de las sustancias volátiles donde se introduce aire al agua

Según Larragá Bolivar (2016, pág. 82), en su tesis Diseño de Agua Potable para Augusto Valencia, cantón Vinces, señala las funciones más importante de la aeración que son las siguientes:

- Oxidar hierro y manganeso
- Remoción de compuestos orgánicos volátiles
- Remoción de gases como metano, amoníaco y cloro
- Remoción de concentración de H<sub>2</sub>S
- Disminución de concentraciones de CO<sub>2</sub>

Antes de seleccionar el tipo de aireador, se requiere conocer las características que presentan el tipo de aireador.

**Tabla 31** Aireadores de gravedad

<b>Aireadores de gravedad</b>	<b>Característica</b>	<b>Ilustración</b>
-------------------------------	-----------------------	--------------------

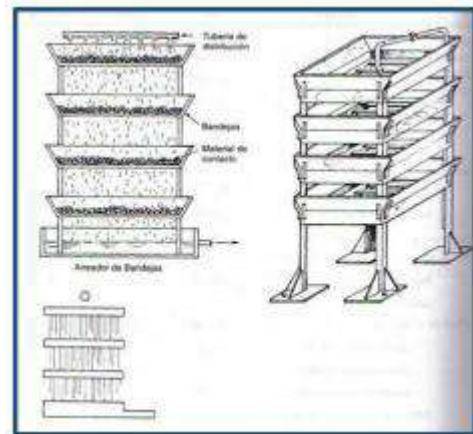
Aireadores de bandeja

Consiste en una serie de bandejas que presentan ranuras, fondos con perforaciones o mallas de alambre.

De 3 a 5 bandejas con dimensión de 30 a 75 cm.

Altura de 2 a 3 metros

La caída de agua se distribuye sobre un tanque receptor sobre la base.



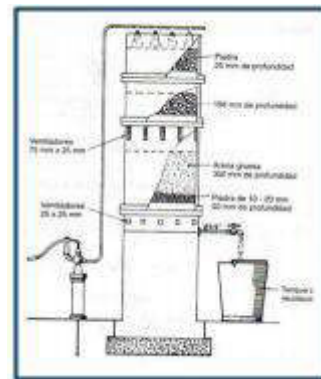
Aireador manual de remoción Fe y Mn

Desarrollado en la India para aplicación en zonas rurales superiores.

Formado por 3 cilindros.

Los 2 primeros cilindros superiores se ubican a 15 cm de piedra (diámetros de 20 – 50 mm).

La última capa inferior es de 30 cm de espesor con arena gruesa por encima de un lecho de grava con un espesor de 5 cm.



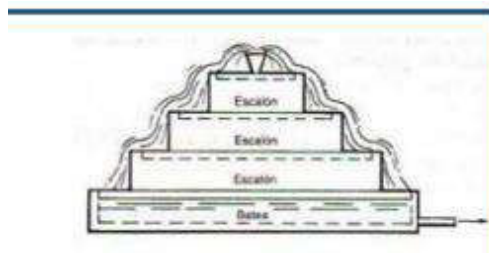
Aireador de cascada

Conformado por capas delgadas sobre uno a más escalones de concreto.

La estructura depende de varios parámetros geométricos para el

rendimiento de aireación.

Útiles para mejorar procesos de autodepuración por las turbulencias que se generan.



**Fuente:** (Valeria, 2015)

### Aireador por bandejas


La selección de esta técnica es la más apropiada para la remoción de manganeso, en base a la tesis de Lárraga Bolívar por ser un caso similar al nuestro (Lárraga Jurado, 2016, pág. 82).


- Cloración

Conforme al análisis microbiológico del agua no sobrepasa el límite permitido de coliformes fecales, por lo tanto no requiere de aplicación de cloro sin embargo para asegurar la calidad es necesario mantener un residuo de desinfectante en la red de distribución hasta 1 ppm (Ver requerimiento anexo 7, figura 57) (Lárraga Jurado, 2016).

A continuación, en la Tabla 31 se detalla los siguientes derivados.

**Tabla 32.** Descripción de derivados de cloro

Tipo	Descripción	Aplicación	Recomendación de producto
<b>Hipoclorito de calcio</b>	Es seco, granulado o en polvo, de color blanco. Se puede encontrar en establecimientos farmacéuticos o distribuidores químicos. Viene en un empaque de tambores metálicos o plástico.	Diluir en agua en un balde plástico con medida, con la finalidad de mantener el cloro residual de 0,5 a 1 mg/L con una duración de 30 minutos. Colocar la solución en el tanque con	 <p><b>Concentración:</b> 65%  <b>Marca:</b> Aqualife  <b>Origen:</b> India  <b>Características químicas</b>  <b>Peso molecular:</b> 142,98 g/mol.</p>

	Concentración es de 30 y 65 % de cloro activo	capacidad de 500 litros.	<p><b>Humedad:</b> 0,3% Max.</p> <p><b>Gravedad específica:</b> 1,111 g/cm<sup>3</sup>.</p> <p><b>Características físicas</b></p> <p><b>Apariencia:</b> Sólido blanco</p> <p><b>Velocidad de disolución:</b> 2 horas.</p> <p><b>Empaque:</b> cuñeta de 45 kg</p>
<b>Hipoclorito de sodio</b>	Es líquido transparente de color amarillo. Se puede encontrar en las distribuidoras de productos químicos.	<p>Determinar la concentración de cloro.</p> <p>La misma forma de aplicación que el hipoclorito de calcio con la diferencia que es un líquido.</p>	 <p><b>Concentración:</b> 4 - 6%</p> <p><b>N°CAS:</b> 7681-52-9</p> <p><b>Origen:</b> España</p> <p><b>Densidad:</b> 1,1 g/cm<sup>3</sup></p> <p><b>Característica física</b></p> <p>Líquido transparente amarillento.</p> <p><b>Solubilidad:</b> soluble</p>

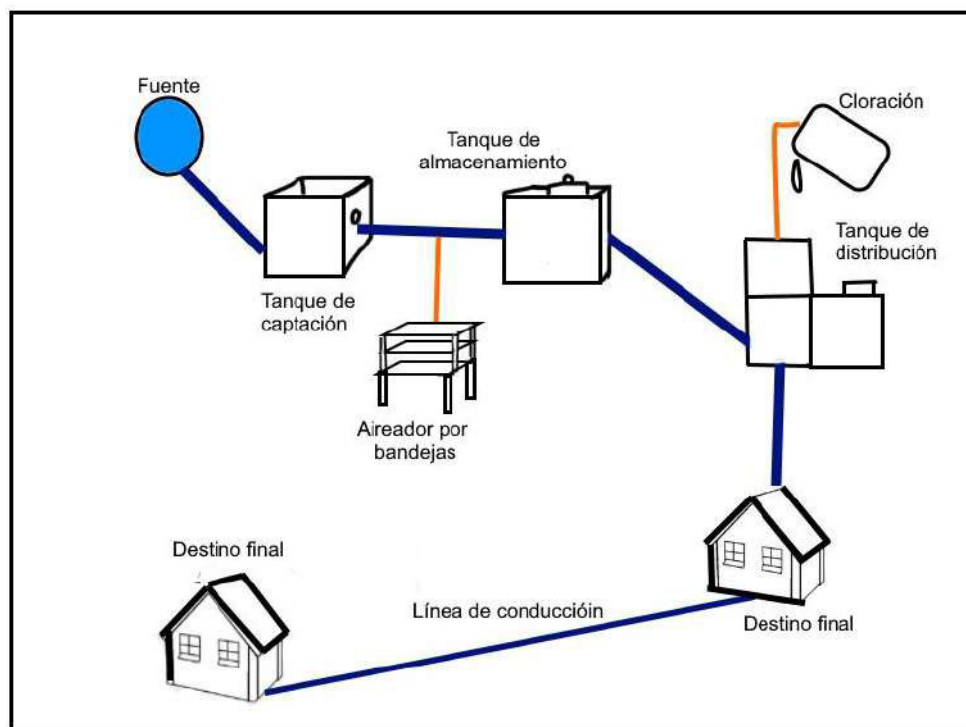
**Fuente:** (Cuaspué, 2020)

**Elaborado por:** Rivera E., Vásquez B.

Antes de aplicar el desinfectante en el tanque de distribución, se debe determinar la concentración necesaria por parte de un técnico en saneamiento periódicamente, quien controle la dosificación.



En caso de realizar sin apoyo técnico, la cantidad en volumen y peso del hipoclorito de calcio y sodio recomendados conforme lo indica en la guía técnica de tratamiento de agua de consumo humano del ministerio de salud de Guatemala.<sup>4</sup>



**Figura 50** Esquema de propuesta de mejoramiento de sistema de tratamiento

**Elaborado por:** (Rivera E., Vásquez B.)

#### **4.5.2 Método de filtración lenta en arena para cada vivienda**

Se llama también Biofiltración conformado por dos filtros, el primero biológico y el segundo es inorgánico. El primer filtro está compuesto por la proliferación de organismos vivos, tales como las algas, los protozoarios, bacterias, etc. estos organismos absorben dióxido de carbono, nitratos y fosfato, a su vez que expulsa oxígeno. Dentro del proceso se removerá partículas inertes y algo de color, también las membranas microbianas actuarán en la absorción de metales pesados y recuperación de la misma. (Felipe, 2010)

El segundo filtro está conformado por arena que tiene como finalidad el proceso final de purificación. Los mecanismos que se emplean son cernir, interceptar,

<sup>4</sup>Guía técnica de desinfección de agua de consumo por medio de cloro  
<http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0214/doc0214.pdf>

sedimentar, difusión y flujo. El tiempo que se demora es de 4 semanas, la temperatura debe ser no menor de 10 grados Celsius (Ciari, 2014).

#### **a) Materiales**

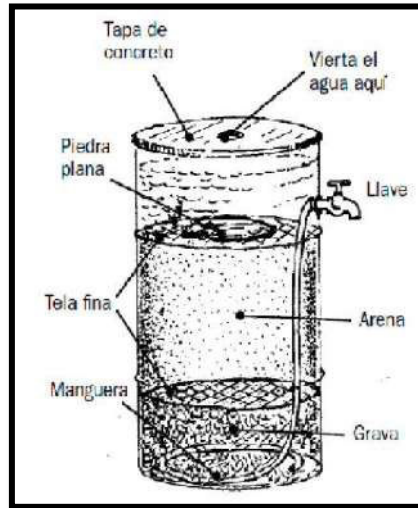
- Tanque plástico u hormigón de 200 litros (impermeable)
- Manguera de 200 mm de diámetro
- Válvula o canilla
- Grava
- Arena de río lavada previamente
- Tela de fino tejido

#### **b) Procedimiento**

- El recipiente debe ser lavado y desinfectado con agua lavandina
- Perforar un hueco de  $\frac{1}{3}$  en la parte superior del recipiente y después colocar la canilla o válvula, fijar con adhesivos
- Los primeros 35 cm, realizar huecos para colocar la manguera con ayuda de un taladro, sellar la punta dentro del tanque en forma de aro hacia abajo.
- Colocar una capa de grava de 7 cm de espesor aproximadamente en el tanque hacia al fondo, luego cubrir con la tela fina para rellenar después con arena fina y limpia a 10 cm, cubrir con otra tela esta capa.
- Colocar una piedra plana, tapar con una tapa y en centro realizar un agujero para ingreso de agua cruda. Finalmente purgar el filtro con agua.
- Días después, crecerá una capa de alga verde arriba de la arena que sería la capa biológica.
- Recordar mantener la arena con agua cubriéndolo. Llenar todos los días y extraer en cantidades pequeñas el agua.

#### **c) Mantenimiento del filtro**

- Cada seis meses se debe reemplazar por arena y grava limpias, quitar la capa biológica con mucha cautela y reservarlo.
- Evitar los bajos caudales de salida



**Figura 51.** Filtro de arena

**Fuente:** (Ciari, 2014)

#### **4.6 Socialización de resultados**

Se realizó una reunión tomando las medidas de seguridad para evitar algún tipo de contagio de COVID 19, dentro la comunidad para informar los resultados de los análisis realizados en los diferentes puntos de muestreo en conjunto con la administración y habitantes de la comunidad San José “El Tablón”.

Los temas tratados fueron resultados de análisis de agua que por ser agua subterránea es de buena calidad, recomendaciones de uso de agua segura para evitar enfermedades y contaminación en el medio ambiente, así como agua de consumo, pasos para el mantenimiento adecuado para cada tanque evitando así contaminación externa o material del tanque.

Se realizó la entrega del manual a la presidenta de la comunidad y el informe de los análisis realizados en cada punto para que puedan llegar a un acuerdo con los habitantes y puedan aplicarlo de la mejor manera, asegurando una excelente calidad de agua.



**Figura 52.** Socialización con los habitantes

**Fuente:** (Rivera E., Vásquez B.)

## **5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

El levantamiento de información por medio de encuestas permitió conocer el estado actual sobre los servicios básicos, actividad económica y sistema de abastecimiento que presenta en la comunidad, se evidenció que el agua de consumo no recibía ningún tratamiento previo, sin embargo, también se conoce que los habitantes de la comunidad tienen filtros en cada medidor para la retención sólidos antes de ingresar en cada vivienda. También la información secundaria recibida por la comunidad se verificó el número de usuarios que pertenecen a la junta de agua “El Tablón” que se puede ver listado en anexo 3.

El material que desprende los tanques, desechos de los animales y los escombros pueden ser causantes de contaminación que en un futuro puede llegar a disminuir la calidad de agua si estos no reciben su debido tratamiento.

Se comprobó en la agencia de Regulación y control de agua que la junta San José del Tablón alto no cuenta con ningún registro en el sistema de información web, tanto en la infraestructura en el sistema de captación como en de conducción, evidenciando que el sistema de abastecimiento no tiene documentos técnicos sobre las estructuras de los tanques y línea de conducción después de su construcción, se puede ver en Anexo 1.3 .

En base a los resultados obtenidos del índice de calidad en la fuente se determinó que está en condiciones óptimas para el consumo humano con un

porcentaje de 75,91%, sin embargo, es necesario asegurar y aumentar la calidad del agua por medio de una cubierta que protege la fuente.

Se evidenció que en todos los puntos de muestreo los parámetros están dentro de los límites permisibles, sin embargo, la fuente, el tanque de almacenamiento y en las viviendas sobrepasa los límites máximos permisibles de 0,4 mg/L de fosfato basado en el decreto colombiano.

Se analizó también que el manganeso sobrepasa los límites máximos permisibles en la normativa INEN 1108, en la fuente el valor es de 0,5mg/L y el límite máximo es de 0,4 mg/L, por lo tanto la diferencia es de 0,1 mg/L. La técnica que se requiere para la remoción de este parámetro es la aireación, es factible si se le instala después del tanque de captación pero se debe tomar en cuenta la disposición del terreno y costos de operación, y mantenimiento..

Se elaboró un manual para la gestión del recurso hídrico donde se especifica las acciones y actividades de cuidado y, manejo de agua segura, se incluyó formatos de monitoreo en la calidad de agua de consumo

El manual cuenta con las sugerencias, recomendaciones para la operación y mantenimiento en los tanques, también se identificó las válvulas que se encuentran en estos mismos.

En la primera propuesta el sistema se añadió un aireador por bandejas, antes del tanque de almacenamiento y cloración en el tanque distribución se lo presentó con la finalidad de disminuir la presencia de fosfato y manganeso, como alternativa secundaria se presentó una filtración lento biológico de dos capas a nivel doméstico por su bajo costo, sencilla operación y mantenimiento.

## **5.2 Recomendaciones**

Se recomienda a la comunidad de San José “El Tablón” construir una cubierta de 15 cm de alto con aireación en el tanque de captación para evitar el ingreso de tierra o escombros en el agua. (Vargas, 2004)

En el tanque de almacenamiento se puede colocar una cerca con una puerta para evitar el ingreso de animales que puedan contaminar el agua y un acceso seguro para realizar el mantenimiento dentro del tanque de almacenamiento.

Para el tanque de distribución se recomienda reparar el acceso al tanque, así como un acceso seguro al ingresar al tanque para realizar el mantenimiento del tanque y válvulas.

Es necesario el cuidado de la cobertura vegetal aguas arriba del sistema de abastecimiento, esto ayuda a la protección y conservación del suelo ya que asegura la infiltración.

Se recomienda realizar el análisis de parámetros cada 6 meses por temas de presupuesto para monitorear el agua de consumo en la comunidad, también verificar si aún permanecen las concentraciones fuera del límite del manganeso y fosfato en el sistema de abastecimiento.

Al momento de realizar el mantenimiento se recomienda realizar una reunión con todos los habitantes para llegar a un acuerdo y que puedan abastecerse de suficiente de agua evitando dificultades de consumo al momento del cierre de válvulas para su mantenimiento.

Es importante el mantenimiento de las válvulas del sistema de abastecimiento para evitar las obstrucciones y oxidaciones a largo plazo permitiendo un buen funcionamiento de las mismas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, F. (2015). *Abastecimiento de agua para comunidades rurales*.
- Archana. (2016, febrero 12). Kjeldahl Method for Protein Determination. *My.Labgo.in-Improving Quality of Life*. <http://my.labgo.in/kjeldahl-method-protein-determination/>
- Aricoché, M. (2012). *Sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro poblados rurales del Distrito de Lancones*. [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2053/ICI\\_192.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2053/ICI_192.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Banús, M. del C., & Bertrán, C. (2010). *H2O Elixir de vida*. 41.
- Bayona, P. (2014). *Optimización del consumo de agua doméstico mediante sistemas de reutilización y tratamiento*. 105.
- Betancourth, D., & Sanchez, K. (2019). *Propuesta de un sistema para mejorar la calidad de agua de la junta administradora de agua y saneamiento regional San José de Cutuglagua*. 104.
- Bolaños, J., Cordero, G., & Segura, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 15. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 15. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Briñez, K. J. B., Guarnizo, J. C. G., & Arias, S. A. A. (2012). *Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima*. 8.
- Cabrera, N. (2015). *Propuesta para el mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua para los habitantes de la vereda "el tablón" del municipio de Chocontá*.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/3835/80394877.pdf?sequence=7&isAllowed=y>

Castro, R., & Pérez, R. (2009). *Saneamiento rural y salud*. 222.

Chanaluiza, A. (2015). *Optimización del sistema de agua potable ubicada en la parroquia Enokanqui del cantón Joya de los Sachas* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

[http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4684/1/96T00303%20UDCTF C.pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4684/1/96T00303%20UDCTF%20C.pdf)

Chang, J. (2009). *Calidad de Agua*.

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6145/2/Calidad%20de%20Agua%20Unidad%201%2C2%2C3.pdf>

Chulluncuy, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, 0(029), 153. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2011.n029.232>

Ciari, G. (2014). *Guía de recomendaciones. Agua Segura*.

[https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_-\\_manual\\_de\\_agua\\_segura.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_manual_de_agua_segura.pdf)

Cirelli, A. F. (2012). *El agua: Un recurso esencial*. 25.

CONAGUA. (2020). *Diseño de redes de distribución de agua potable*.

[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/CONAGUA%20s.f.a.%20Dise%C3%B1o%20de%20redes%20de%20distribuci%C3%B3n%20de%20agua%20potable.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%20s.f.a.%20Dise%C3%B1o%20de%20redes%20de%20distribuci%C3%B3n%20de%20agua%20potable.pdf)

Cuaspud, J. (2020). *Propuesta de mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua de la vereda San Vicente del municipio de Dagua*. 123.

Dyson, M., Bergkamp, G., & Scanlon, J. (2003). *Caudal*.

<https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2003-021-Es.pdf>

Espinosa, M. del C., & León, Y. (2013). *Problemática de la determinación de especies nitrogenadas (nitrógeno total y amoniacal) en aguas residuales*.

<https://www.redalyc.org/pdf/1816/181629303001.pdf>



- Food and Agriculture Organization. (2002). *Agua y Cultivos*.  
<http://www.fao.org/3/y3918s/Y3918S.pdf>
- García, O. (2006). *El mantenimiento general*.  
<https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1297/1/RED-70.pdf>
- Gil, M. de los Á., Reyes, H., & Márquez, L. (2014). *Disponibilidad y uso eficiente de agua en zonas rurales*. 8.
- Gobierno de Aragón. (2012). *Manual para manipuladores de alimentos*.  
<https://www.aragon.es/documents/20127/674325/Manual%20de%20manipuladores%20de%20abastecimientos%20de%20agua-1.pdf/614d228b-06c6-bde7-2b54-8589cbaf03c0>
- González, L. (2012). *Manual: Métodos de purificación de agua, para disminuir las epidemias que puedan dañar la salud...* 111.
- Google Earth. (2021). *Google Earth*.  
<https://earth.google.com/web/@0,0,0a,22251752.77375655d,35y,0h,0t,0r>
- Granda, O. (2016). *Programa de Saneamiento Ambiental para el Distrito Metropolitano de Quito (PSA)*. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/47959.pdf>
- Guerra, E. (2014). Daños a la salud por mala disposición de residuales sólidos y líquidos en Dili, Timor Leste. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología.*, 8.
- Herrera, A., Teresa, M., Quezada, L., Olivia, L., Domínguez, M., Ramiro, I., Navarro, M., Violeta, S., & Montoya, B. (2013). *Arsénico en agua*. 85.
- Huatangari, L. Q., Toledo, L. O., Torres, O. G., Correa, J. B., Soto, J. D., & Valverde, N. K. (2020). Red neuronal artificial para estimar un índice de calidad de agua. *Enfoque UTE*, 11(2), 113-124.
- Idro Service. (2018). *Componente para el tratamiento de agua*.  
<http://www.idroservice.net/Assets/Public/Documents/CATALOGO%202018/componenti%20per%20apparecchiature.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC. (2010). *Población Urbana*.

- Lárraga Jurado, B. P. (2016). *Diseño del sistema de agua potable para Augusto Valencia, cantón vinctes, provincia de los ríos*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Marin Burbano, L. M. (2011). *Remoción de Hierro y manganeso por oxidación con cloro y filtración en grava*. Santiago de Cálí: Universidad del Valle - Escuela de Ingeniería de recursos naturales y del ambiente.
- Magne, F. (2008). *Abastecimiento, diseño, construcción de sistemas de agua potable modernizando el aprendizaje y enseñanza en la asignatura de Ingeniería Sanitaria* I.  
<http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1522.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). *Manual N5 Medición de Agua*.  
<https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual5.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente, Libro VI, Anexo I*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>
- Ministerio del Ambiente & Ministerio de Salud Pública. (2016). *Estrategia Nacional de calidad de agua*. 97.
- Ministerio de salud pública y asistencia social. (2006). *Tratamiento y desinfección de agua para consumo humano por medio de cloro*. Guatemala: Organización Panamericana de la salud y Organización mundial de la salud.
- Naciones Unidas. (2005). *El agua, fuente de vida*.  
<https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/waterforlifebklt-s.pdf>
- Navarro, O. (2007). *Demanda Biológica de Oxígeno*. 04, 13.
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN. (2014). *Norma Técnica Ecuatoriana: Agua Potable*.  
<http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf>
- Ordoñez, J. (2011). *Ciclo hidrológico*. [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/ciclo\\_hidrologico.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf)

- Ortiz, D. J. M., López, J. L. C., Ruiz, J. M. M., & Reina, A. C. (2015). *Depuración de aguas residuales procedentes de la fabricación de zumos*. 60.
- Planeta Tierra. (2019, agosto 25). >> ¿Qué es la recolección de agua de lluvia? Métodos y técnicas de captación de agua de lluvia. *Planeta-Tierra*. <https://planeta-tierra.info/energia/que-es-la-recoleccion-de-agua-de-lluvia-metodos-y-tecnicas-de-captacion-de-agua-de-lluvia/>
- Rangel, I. (2017). *Análisis de agua cruda*. <https://media-ashoka.oengine.com/attachments/d1adb010-8a82-47f2-bc46-f0c44472560b.pdf>
- Rivera, E., & Vásquez, B. (2021). *Manual de gestión de recursos hídricos, mantenimiento y operación del sistema de abastecimiento*.
- Sáenz, P. (2009). *Procedimiento de muestreo de agua superficial*. [https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/p\\_biorem/education/research/protocols/PROCEDIMIENTO\\_DE\\_MUESTREO\\_DE\\_AGUA\\_SUPERFICIAL.pdf](https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/PROCEDIMIENTO_DE_MUESTREO_DE_AGUA_SUPERFICIAL.pdf)
- Sáenz, P. (2010). *Protocolo de monitoreo de agua*. 01, 40.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2015). *Optimización de las capacidades institucionales de la SENPLADES*. <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2015/05/Documento-Optimizaci%C3%B3n-de-las-Capacidades.pdf>
- Semarnat & Comisión Nacional de Agua. (2002). *Escala de clasificación de la calidad del agua para usos específicos, según su Índice de Calidad del Agua (ICA)*. [http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas\\_2000/compendio\\_2000/03dim\\_ambiental/03\\_02\\_Agua/data\\_agua/RecuadroIII.2.2.3.htm](http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/compendio_2000/03dim_ambiental/03_02_Agua/data_agua/RecuadroIII.2.2.3.htm)
- SIAPA. (2014a). *Sistemas de agua potable*. [https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo\\_2.\\_sistemas\\_de\\_agua\\_potable-1a.\\_parte.pdf](https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_2._sistemas_de_agua_potable-1a._parte.pdf)
- SIAPA. (2014b). *Redes de Distribución*. [https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo\\_2.\\_sistemas\\_de\\_agua\\_potable-1a.\\_parte.pdf](https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_2._sistemas_de_agua_potable-1a._parte.pdf)

le-

2a.\_parte.pdf?fbclid=IwAR1nwTzwPPau8aYqQxD5IBZx\_qVWWwIAviyRdlj7knxNr  
aj5kHipHOCXYFc

Universidad de Pamplona. (2010). *Índices de calidad de agua (ICAs) y contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial*.  
[http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_10/recursos/general/pag\\_contenido/libros/06082010/icatest\\_capitulo3.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf)

Valencia, C. (2011). *Química del hierro y manganeso en el agua, métodos de remoción*.  
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/754/1/ti881.pdf>

Valeria, H. P. (2015). *Evaluación de los aireadores en la planta de tratamiento de agua potable "El Cambio" que abastece a la ciudad de Machala, provincia de El Oro*.  
Machala: Universidad Técnica de Machala UTMACH.

Vargas, L. d. (2004). Tratamiento de agua para Consumo humano, Manual 1. En *Capítulo 3 Procesos unitarios de plantas de tratamiento* (pág. 47). Lima: Organización Panamericana de Salud.

Vazquez, Y., & Heredia, M. (2013). *Conexiones domiciliarias de agua potable*.  
<https://es.scribd.com/document/180883683/CONEXIONES-DOMICILIARIAS>

Velp Científica. (2021). *Digestión y Mineralización*. <https://www.velp.com/es-sa/digestion-y-mineralizacion.aspx>

Vicepresidencia Ejecutiva de Ambiente, Agua y Energía. (2016). *Informe de calidad de agua*.  
<https://wpeus2sat01.blob.core.windows.net/micanaldev/2018/cuencahidrografica/2015-IA.pdf>

Viscalla, R. (2014, noviembre 29). *Definición Manual de Mantenimiento*. Scribd.  
<https://es.scribd.com/document/248612668/Definicion-Manual-de-Mantenimiento>

Water Boards. (2013, octubre 29). *Nitrato en el agua potable*.  
[https://www.waterboards.ca.gov/centralcoast/water\\_issues/programs/ag\\_waivers/docs/spanish\\_forms/nitratos\\_en\\_el\\_agua.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/centralcoast/water_issues/programs/ag_waivers/docs/spanish_forms/nitratos_en_el_agua.pdf)

- Yuquilema, V. (2013). *Manual de capacitación ambiental para juntas parroquiales*.  
[https://www.inredh.org/archivos/pdf/manual\\_juntas\\_zamora.pdf](https://www.inredh.org/archivos/pdf/manual_juntas_zamora.pdf)
- Zhen, Y. (2009). *Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008*. 204.
- Aricoché, M. M. (2012). Sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro poblados rurales del distrito de Lancones. Piura: universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil.
- Chang Gómez, J. V., & Gómez Garcia, L. F. (2009). Proyecto de investigación - Indicadores de calidad del agua. En J. V. Chang Gómez, *Índice de calidad del agua (ICA)*. Cuenca: ESPO.
- Cuaspu, J. (2020). Propuesta de mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua de la Vereda San Vicente del Municipio de Dagua. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente.
- Digest. (04 de 09 de 2008). *GreenFacts*. Obtenido de <https://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/l-2/4-efectos-acciones-humanas.htm>
- Felipe, S. (2010). *Guía de recomendaciones, Agua segura*. OPS/CEPIS.
- Lárraga Jurado, B. P. (2016). *Diseño del sistema de agua potable para Augusto Valencia, cantón vices, provincia de los ríos*. Quito: Pontifica Universidad Católica del Ecuador.
- Marin Burbano, L. M. (2011). *Remoción de Hierro y manganeso por oxidación con cloro y filtración en grava*. Santiago de Cali: Universidad del Valle - Escuela de Ingeniería de recursos naturales y del ambiente.
- Ministerio Ambiental Ecuatoriana. (2015). *Guía práctica para cosechar agua lluvia*. Riobamba: Agencia de cooperación internacional Japón - JICA.
- Ministerio de salud pública y asistencia social. (2006). Tratamiento y desinfección de agua para consumo humano por medio de cloro. Guatemala: Organización Panamericana de la salud y Organización mundial de la salud.

- Ministerio de salud pública y ayuda social. (2006). Tratamiento y desinfección de agua para consumo humano por medio del Cloro. Panamá: OPS/OMS.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Norma de calidad Ambiental y de descarga de efluentes: recursos agua*. Quito: Ministerio del Ambiente.
- Organización Panamericana de la Salud. (2013). *Guía rápida para la vigilancia sanitaria del agua*. Santo Domingo: OPS/OMS/Ministerio de Salud - República Dominicana.
- Organización Mundial de la Salud. (2004). Operación Y Mantenimiento para líneas de Conduccion e Impulsion de Sistemas de Abastecimiento Rural. Lima: OPS/CEPIS/04.104.
- Paredes, G., & Munguia, S. (2017). *Manual para la construcción y mantenimiento de cosecha de agua lluvia*. Tegucigalpa: FND/BID.
- Sáez, P. B. (2009). *Procedimiento de muestreo de agua superficial*. Huaraz - Perú: Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional "Santiago Antunez de Mayolo". Laboratorio de calidad ambiental.
- Valencia Espinoza, C. E. (s.f.). *Química del hierro y manganeso en el agua, métodos de remoción*. Cuenca: Universidad de Cuenca - Escuela de Ingeniería Civil.
- Valeria, H. P. (2015). *Evaluación de los aireadores en la planta de tratamiento de agua potable "El Cambio" que abastece a la ciudad de Machala, provincia de El Oro*. Machala: Universidad Técnica de Machala UTMACH.
- Vargas, L. d. (2004). Tratamiento de agua para Consumo humano, Manual 1. En *Capítulo 3 Procesos unitarios de plantas de tratamiento* (pág. 47). Lima: Organización Panamericana de Salud. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/tres.pdf>

## **ANEXOS**