

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y CONDUCCIÓN DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE TAMBILLO

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGOS EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

HERRERA ACARO LUIS MIGUEL

luis.herrera03@epn.edu.ec

QUISAGUANO SIGCHA KARINA MISHEL

karina.quisaguano@epn.edu.ec

Director: JARAMILLO SÁNCHEZ LUIS ÁNGEL

luis.jaramillo@epn.edu.ec

Quito, julio 2019

DECLARACIÓN

Nosotros, Herrera Acaro Luis Miguel y Quisaguano Sigcha Karina Mishel, 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 el documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Herrera Acaro Luis Miguel

Quisaguano Sigcha Karina Mishel

CERTIFICACIÓN

Como director del trabajo de titulación, Evaluación de la Calidad del Agua del Sistema de Abastecimiento y Conducción de la Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo desarrollado por Herrera Acaro Luis Miguel y Quisaguano Sigcha Karina Mishel, estudiantes de la carrera de Tecnología en Agua y Saneamiento Ambiental, habiendo supervisado la realización de este trabajo y realizado las correcciones correspondientes, doy por aprobada la redacción final del documento escrito para que prosiga con los trámites correspondientes a la sustentación de la defensa oral.

Ing. Jaramillo Sánchez Luis Ángel MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres Ángel y Mariana, quienes en todo momento me han brindado su amor, motivación, esfuerzo, sacrificio, valores; gracias a esto y más pude concluir cada etapa de mi vida estudiantil y profesional.

A mi hermano Julio César por ser siempre mi ejemplo a seguir, además de apoyarme y guiarme en cada decisión y dificultad que se han presentado a lo largo de mi vida.

A mi familia de Loja y Quito por regalarme todos los buenos momentos en cada una de mis vacaciones y formar parte de mi vida

Luis

Dedico este logro principalmente a mis padres Ana y Rigoberto, los cuales con paciencia y amor me han apoyado en cada una de las etapas de mi vida, enseñándome a ser valiente, perseverante, a esforzarme por lo que quiero conseguir y no rendirme fácilmente. Los amo mami y papi.

A mi abuelita Manuela, mi mamita que con cada palabra y abrazo me da la fuerza para ser mejor cada día y seguir adelante demostrándole a todos de que estoy hecha.

Kari

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecerle a Dios por haberme guiado en este arduo camino, pese a las dificultades que se han presentado en mi vida me ha brindado fortaleza para seguir adelante y permitirme cumplir uno de mis objetivos de vida que es culminar mi educación superior.

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

Luis

Agradezco a mi familia, a mis padres que son el pilar fundamental de mi vida, quienes siempre están a mi lado apoyando completamente cada paso que doy.

A mis ingenieros Alejandro, Lorena, Santiago y Melania; quienes me acompañaron en este camino formándome no solo como una buena profesional sino también como un buen ser humano. A cada una de las personas que formaron parte de esta etapa, alentándome y ayudándome a seguir adelante.

Kari

A la Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo y su comunidad, por el apoyo y colaboración prestada para el desarrollo del presente trabajo.

Un agradecimiento especial al ingeniero Luis Jaramillo, nuestro director de proyecto quien nos proporcionó su apoyo absoluto en los momentos de mayor dificultad, ayudando a que este proyecto se haga realidad.

Luis y Kari

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivo General.....	2
1.4. Objetivos Específicos.....	2
1.5. Alcance.....	3
1.6. Marco teórico.....	3
1.6.1. Agua.....	3
1.6.2. Agua potable.....	4
1.6.3. Calidad del agua.....	4
1.6.4. Indicadores físicos, químicos y microbiológicos a analizar.....	4
1.6.4.1. Físicos.....	4
1.6.4.2. Químicos.....	6
1.6.4.3. Microbiológicos	8
1.6.5. Muestreo.....	9
1.6.5.1. Plan de muestreo	9
1.6.5.2. Técnicas para toma de muestras	9
1.6.5.3. Identificación y registro.....	10
1.6.6. Cuerpos legales de relevancia.....	11
1.6.6.1. Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente.....	11
1.6.6.2. INEN 1108:2011.....	11

1.6.7.	Sistemas de distribución de agua potable.....	11
1.6.7.1.	Definición	11
1.6.7.2.	Como está conformado un sistema de distribución de agua.....	12
1.6.7.2.1.	Captación	12
1.6.7.2.2.	Conducción.....	13
1.6.7.2.3.	Tratamiento	13
1.6.7.2.4.	Almacenamiento	15
1.6.7.2.5.	Distribución.....	15
1.6.8.	Manual de mantenimiento.....	16
2.	METODOLOGÍA.....	17
2.1.	Levantamiento de información y diagnóstico del sistema de abastecimiento y conducción	17
2.1.1.	Parroquia Tambillo.....	17
2.1.2.	Altitud	18
2.1.3.	Clima	18
2.1.4.	Relieve.....	18
2.1.5.	Hidrografía.....	19
2.2.	Plan de muestreo.....	19
2.2.1.	Provisiones para el muestreo de agua.....	20
2.2.2.	Selección de los puntos para la recolección de las muestras.....	20
2.2.3.	Identificación de las muestras	22
2.2.4.	Toma de muestras	22
2.2.5.	Preservación de las muestras	23

2.2.6.	Transporte y entrega de las muestras al laboratorio	24
2.2.7.	Información de los parámetros a analizar	24
2.2.8.	Cronograma de actividades	24
2.3.	Análisis de parámetros	25
2.3.1.	Físicos	25
2.3.2.	Químicos	29
2.3.3.	Microbiológicos	36
2.4.	Evaluación y comparación con la norma vigente	39
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
3.1.	Diagnóstico del sistema de abastecimiento y conducción.....	40
3.1.1.	Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo.....	40
3.2.	Parámetros analizados	42
3.2.1.	Físicos	42
3.2.2.	Químicos	46
3.2.3.	Microbiológicos	53
3.3.	Evaluación de los resultados obtenidos y comparación con las normas vigentes .	53
3.4.	Manual de Mantenimiento del Sistema	56
3.5.	Recomendaciones Técnicas	57
4.	CONCLUSIONES	58
5.	RECOMENDACIONES	58
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	59
7.	ANEXOS.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de Abastecimiento de Agua Potable (OPS, 2016).	12
Figura 2. Ubicación de la Parroquia Tambillo del cantón Mejía (GAD, 2015).....	17
Figura 3. Determinación de sólidos totales disueltos en el laboratorio.....	26
Figura 4. Determinación de sólidos totales en el laboratorio.....	27
Figura 5. Determinación de la temperatura <i>in situ</i>	28
Figura 6. Determinación de turbidez <i>in situ</i>	29
Figura 7. Equipo medidor de cloro residual <i>in situ</i>	29
Figura 8. Determinación de cloruros en el laboratorio	30
Figura 9. Determinación de cobre en el laboratorio	31
Figura 10. Determinación de la DQO en el laboratorio	32
Figura 11. Determinación de la dureza total en el laboratorio.....	33
Figura 12. Determinación de nitratos en el laboratorio	34
Figura 13. Determinación de nitritos en el laboratorio.....	35
Figura 14. Determinación de oxígeno disuelto <i>in situ</i>	35
Figura 15. Determinación de pH <i>in situ</i>	36
Figura 16. Esquema para la determinación de coliformes totales (Romero, 2013).....	37
Figura 17. Determinación de coliformes totales en el laboratorio	39
Figura 18. Tuberías expuestas del sistema de aducción	40
Figura 19. Aireador correspondiente a la planta de tratamiento	41
Figura 20. Cloro gas correspondiente a la planta de tratamiento.....	41

Figura 21. Tanque de almacenamiento correspondiente a la planta de tratamiento	41
Figura 22. Resultados de los análisis de conductividad.....	42
Figura 23. Resultados de los análisis de sólidos disueltos totales.....	43
Figura 24. Resultados de los análisis de sólidos totales.....	44
Figura 25. Resultados de los análisis de temperatura	45
Figura 26. Resultados de los análisis de turbiedad	45
Figura 27. Resultados de los análisis de cloro residual	46
Figura 28. Resultados de los análisis de cloruros.....	47
Figura 29. Resultados de los análisis de cobre	47
Figura 30. Resultados de los análisis de dureza total.....	49
Figura 31. Resultados de los análisis de hierro total	49
Figura 32. Resultados de los análisis de nitratos.....	50
Figura 33. Resultados de los análisis de nitritos.....	51
Figura 34. Resultados del análisis de oxígeno disuelto	51
Figura 35. Resultados de los análisis de pH.....	52
Figura 36. Socialización	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Área de micro-cuencas de la parroquia Tambillo	19
Tabla 2. Ubicación de los puntos de muestreo	21
Tabla 3. Preservación para muestras de análisis en laboratorio	23
Tabla 4. Lugar de análisis por parámetro.....	24
Tabla 5. Cronograma.....	25
Tabla 6. Rango de DQO	31
Tabla 7. Clasificación de las aguas según su dureza.....	33
Tabla 8. Capacidad de almacenamiento de cada tanque	42
Tabla 9. Resultados de análisis físico, químicos y microbiológicos.....	54
Tabla 10. Resultados de análisis físico, químicos y microbiológicos.....	55
Tabla 11. Puntos seleccionados de muestreo	61
Tabla 12. Etiqueta de las muestras.....	63
Tabla 13. Códigos asignados por el CICAM correspondientes a los puntos de muestreo...	66

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I: Puntos seleccionados de muestreo.....	61
ANEXO II: Etiqueta de muestreo	63
ANEXO III: Certificados de laboratorios utilizados para la realización de análisis	64
ANEXO IV: Códigos del laboratorio para puntos de muestreo	66
ANEXO V: Informes de resultados del CICAM.....	67
ANEXO VI: Plan de Muestreo Y Manual de Mantenimiento	77

RESUMEN

El presente proyecto comprende la evaluación de la calidad del agua del sistema de abastecimiento y conducción de la Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo, a través de recorridos de campo, toma de fotografías del sistema de distribución de agua potable, recolección y análisis de muestras de agua que son destinadas para consumo humano de la población de la parroquia de Tambillo.

Se inició el proyecto con una visita para el reconocimiento del lugar y toma de fotografías con el objetivo de conocer y evaluar las condiciones de dicho sistema. Se realizaron adicionalmente cuatro visitas de campo más, para realizar la recolección de muestras correspondientes para los análisis establecidos tanto in situ como en laboratorios acreditados. Se empezó el muestreo en la vertiente Curipogyo (captación del sistema), para continuar con las tres plantas de tratamiento y finalmente con domicilios pertenecientes al sistema de distribución.

Los resultados obtenidos además se evaluaron y compararon con las normas establecidas en base al cumplimiento de los límites máximos permisibles (LMP), las cuales son: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) Libro VI, Anexo 1, Tabla 2 (Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección); y la Norma INEN 1108:2011, la cual establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

De acuerdo con los resultados obtenidos se determinó que el agua distribuida por la Junta de Agua Potable de Tambillo es apta para el consumo de su población. Se elaboró un manual de mantenimiento del sistema, con la finalidad de que la calidad del agua se mantenga y las estructuras del sistema de distribución tengan un correcto mantenimiento.

Palabras claves: calidad, muestreo, captación, agua potable, límites permisibles, manual de mantenimiento.

ABSTRACT

This project includes the evaluation of the water quality in the conduction and supply system of Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo, through field trips, taking photographs corresponding to potable water distribution system, collecting and analyzing samples of water that are destined to drinking of the population of the parish of Tambillo.

The project began with a visit to recognize the place and take photographs with the objective of knowing and evaluating the conditions of this system. Four additional field visits were also made to collect the corresponding samples for the analyzes established both *in situ* and in accredited laboratories. Sampling was started on the Curipogyo slope (collection of the system), to continue with the three treatment plants and finally with households belonging to the distribution system.

The results obtained were also evaluated and compared with the norms established based on compliance with the maximum permissible limits (LMP), which are: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) Libro VI, Anexo 1, Tabla 2 (Maximum permissible limits for waters for human consumption and domestic use that only require disinfection); and INEN 1108: 2011, which establishes the requirements that drinking water must meet for human consumption.

According to the results obtained, it was determined that the water distributed by the Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo is suitable for the consumption of its population. A maintenance manual for the system was elaborated, with the aim of maintaining the quality of the water and the structures of the distribution system to be properly maintained.

Keywords: quality, sampling, catchment, drinking water, permissible limits, maintenance manual.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Tambillo, parroquia ubicada en el cantón Mejía al norte de la cabecera cantonal de Machachi y al sur de la ciudad de Quito, cuenta con una población según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de 8319 habitantes (INEC, 2010). La mayor parte de esta se asienta en la zona urbana y la restante y de mayor extensión en las zonas rurales. La parroquia posee varias cuencas hidrográficas, las cuales pueden ser afectadas por factores naturales o provocados por la acción del hombre.

Tambillo posee en la actualidad un sistema de distribución de agua potable, el cual tiene su captación en la vertiente Curipogyo (JAAPT, 1999). Cuenta con tres plantas de tratamiento de agua primaria y la estructura necesaria para abastecer a la población perteneciente a la parroquia.

El mencionado sistema fue construido hace aproximadamente 50 años por los habitantes viendo la necesidad de contar con agua potable, por ello es necesario verificar si el agua que se abastece para consumo humano cumple con los parámetros establecidos en la “Norma Ambiental y de descarga de efluente; Recurso agua, del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), libro VI, anexo I”.

Conocer la calidad del agua es de vital importancia, ya que este es un factor importante que puede afectar la salud de toda una población. Se han podido conocer casos de contaminación de agua potable como el ocurrido en la parroquia de Tumbaco en el año 2007, donde se conoció que el agua de consumo humano contenía concentraciones de arsénico. Esto produjo diversos problemas de salud como complicaciones de piel, despigmentaciones y la presencia de este contaminante se ha relacionado con la cirrosis hepática, cáncer linfático y otros tipos de cáncer (García, 2014).

Durante los años de operación que ha tenido este sistema de distribución, no se han realizado análisis de evaluación del agua de su sistema (Rojas, 2018). Por ello la necesidad de analizar las condiciones en las que se encuentra el agua de la Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo (JAAPT), con la finalidad de conocer el estado y calidad de la misma para el consumo de su población.

1.2. Justificación

En la Parroquia Tambillo la ganadería es la actividad que sustenta gran parte de la población; la municipalidad de la parroquia proporciona a sus habitantes agua para usos agrícolas, industrial, pecuario y en particular para consumo humano (GAD, 2015).

Actualmente, la Junta Administradora de Agua Potable Tambillo posee tres plantas de potabilización de agua primaria las cuales se basan en procesos de aireación y cloración y estas brindan una cobertura de 22 barrios beneficiarios (JAAPT, 1999).

Un deficiente suministro de agua y servicios de saneamiento sin un adecuado control de calidad puede ocasionar a los habitantes de la Parroquia Tambillo incremento de la tasa de mortalidad, enfermedades de origen hídrico, inconvenientes en el apropiado crecimiento de niños, afectando el desarrollo de la población.

De este modo el presente estudio consiste en realizar una evaluación de la calidad de agua suministrada por parte del sistema de abastecimiento actual de la Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo (JAAPT).

1.3. Objetivo General

Evaluar la calidad del agua del sistema de abastecimiento y conducción de la Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo.

1.4. Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico y levantamiento de información del lugar.
- Caracterizar el agua en los puntos establecidos a través de un plan de muestreo.
- Analizar los resultados obtenidos mediante la comparación con normas técnicas.
- Elaborar un manual de mantenimiento del sistema.

1.5. Alcance

El presente trabajo de titulación busca verificar las características del agua abastecida por el Sistema de distribución de la Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo, para así asegurar que el agua sea apta para consumo humano y su sistema esté cumpliendo con lo establecido, ya que como se mencionó anteriormente conocer esto es de vital importancia para la prosperidad de su población.

El estudio incluirá a los barrios que son dotados de agua por parte de las tres plantas de potabilización, ya que con esto se comprobará la calidad de agua consumida por la comunidad.

Así mismo es fundamental conocer el estado de la línea de conducción existente, ya que al transportar el agua de consumo hacia la población debe contar con un correcto mantenimiento en su totalidad. Para ello es necesario implementar un manual de mantenimiento que contenga las respectivas recomendaciones técnicas para un funcionamiento eficiente.

1.6. Marco teórico

1.6.1. Agua

El agua es un recurso renovable de gran importancia y esencial para la vida y su desarrollo, sin ésta la humanidad no podría existir. Es considerada como un disolvente universal que transporta, combina y descompone químicamente sustancias, es la única que existe en los tres estados de la materia (sólido, líquido, gas) en condiciones normales (Ramírez, 2011).

El agua es utilizada de diversas formas, puede ser para consumo humano, uso doméstico, producción de alimentos o con fines recreativos, para ello debe ser salubre y de fácil acceso a la población. Es de gran importancia que su abastecimiento, saneamiento y gestión sean mejorados con el paso del tiempo, ya que esto contribuye al desarrollo económico de los países y a reducir la pobreza de los mismos (OMS, 2018).

La población debe consumir agua adecuadamente tratada para su consumo, debido a que el agua contaminada y con un deficiente saneamiento son los causantes de diferentes enfermedades como: cólera, diarrea, disentería, hepatitis A, fiebre tifoidea y poliomielitis; las

cuales exponen a la población a riesgos, que pueden ser prevenidos antes de que afecten a su salud (OMS, 2018).

1.6.2. Agua potable

Se denomina agua potable al agua tratada, en la cual se han ido modificando o variando sus características físicas, químicas y microbiológicas, con el fin de hacerla consumible; debido a que el agua en su estado natural, sin recibir un previo tratamiento, no es apta para el consumo humano. Su calidad dependerá del uso que se le vaya a dar (Ramírez, 2011).

1.6.3. Calidad del agua

El agua es considerada apta para el consumo humano al cumplir con los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos mínimos estipulados en las normas correspondientes. De no ser este el caso, deberá ser sometida a tratamientos que eliminen o disminuyan la concentración de elementos nocivos para el ser humano (Romero, 2013).

1.6.4. Indicadores físicos, químicos y microbiológicos a analizar

La calidad del agua se determina caracterizando parámetros físicos, químicos y microbiológicos, con los que se conoce el estado de un cuerpo de agua. Los cuerpos legales a utilizar son: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) Libro VI, Anexo 1, Tabla 2. (Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección); y la Norma INEN 1108:2011.

1.6.4.1. Físicos

Conductividad

La conductividad eléctrica en el agua expresa numéricamente su capacidad para conducir una corriente eléctrica. Dicha capacidad está dada por la presencia de iones en el agua, su concentración total, su movilidad, su carga o estado de oxidación, concentraciones relativas y de la temperatura a la cual se realizan las mediciones (León, 2015).

Sólidos disueltos totales

Los sólidos son materia suspendida o disuelta en el agua, pueden afectar a la calidad del agua de diversas formas. Cuando el agua posee gran cantidad de sólidos disueltos, esto puede afectar a sus características organolépticas, ya que su sabor se ve afectado y se

generan reacciones fisiológicas desfavorables en los consumidores. Cuando el contenido de sólidos disueltos totales es alto el agua puede volverse inaceptable de forma estética para los consumidores (Chaquea, 2017).

Sólidos totales

Los sólidos totales son los residuos que se quedan después de la evaporación de una muestra y su respectivo secado en la estufa a una temperatura definida. Los sólidos totales están constituidos por los sólidos suspendidos totales (SST), o cantidad de sólidos totales retenidos en un filtro, más los sólidos disueltos totales (SDT) la cantidad de material que atraviesa el filtro (Chaquea, 2017).

Temperatura

Es un parámetro de gran importancia debido a su influencia en el desarrollo de la vida acuática, así como en las reacciones químicas y velocidades de reacción. Es fundamental como indicador en la calidad del agua porque influye en el comportamiento de otros parámetros como el pH, la conductividad eléctrica, el déficit de oxígeno, entre otros. Las temperaturas elevadas causan el crecimiento excesivo de hongos, por lo que si es consumida puede generar enfermedades gastrointestinales (DIGESA, 2015).

Turbiedad

La turbiedad es principalmente causada por materia coloidal y suspendida como arcilla, limo, plancton, diversos organismos imperceptibles al ojo humano, materia orgánica e inorgánica dividida de manera muy fina, las cuales se mantienen en suspensión debido a la fuerza de arrastre en las corrientes o a su naturaleza coloidal (Chaquea, 2017).

La presencia de esta en el agua causa problemas con el desarrollo de la vida acuática, tanto en especies vegetales como animales, debido a que se reduce la intensidad y penetración de la luz a los cuerpos de agua, lo que no permite el crecimiento de las plantas dentro de la misma, las cuales son el sustento de algunas especies animales (León, 2015).

Su análisis de preferencia debe realizarse *in situ* para una mayor confiabilidad, ya que esta propiedad con el tiempo que transcurre cambia rápidamente y hace que la muestra se altere, pudiendo cambiar los resultados a obtenerse, los niveles elevados de este parámetro suelen relacionarse con la existencia de organismos patógenos (León, 2015).

1.6.4.2. Químicos

Cloro residual

La presencia de cloro en el agua para consumo humano sirve principalmente para destruir o eliminar los microorganismos que pueden ser causantes de enfermedades. Se menciona como una ventaja la mejora en la calidad del agua potable, debido a que el cloro reacciona con el amoníaco, hierro, manganeso, sulfuro y algunas sustancias orgánicas (Tejada, 2015).

Las muestras a ser analizadas por cloro no se pueden almacenar, se debe evitar el contacto con la luz y agitación excesiva, ya que esto acelera la disminución del cloro (Chaquea, 2017).

Cloruros

Los cloruros son aniones inorgánicos que se encuentran presentes en aguas naturales, su concentración es muy variable y se debe al contenido mineral de las aguas. Su presencia en el agua potable no debe exceder los 250 mg/l, de lo contrario altos valores de este parámetro dan al agua un sabor salado y afectan al sistema de distribución, debido a que provocan corrosión en las tuberías (Chaquea, 2017).

Cobre

El cobre es un metal que se encuentra en la naturaleza conocido como un conductor eléctrico y de calor, su presencia en aguas de consumo humano es de gran importancia debido a que su exceso causa un color y un sabor astringente desagradables. Su ingestión en cantidades significativas de miligramos causa vómitos y diarrea, la ingestión en gramos significativos de cobre causa úlceras en la mucosa gastrointestinal, necrosis hepática y daños renales (DIGESA, 2015).

DQO

La demanda química de oxígeno determina la cantidad de oxígeno equivalente a la materia orgánica que es idónea a ser oxidada expresada en mg/l, mediante un oxidante químico (dicromato potásico), en condiciones específicas de temperatura y tiempo.

El valor de la DQO es siempre mayor a la DBO₅, porque en el análisis de DQO al usar componentes químicos se oxida la materia tanto orgánica como inorgánica; sin embargo en el análisis de la DBO₅ usas microorganismos y solo se degrada la materia orgánica (DINAMA, 2016).

DBO₅

La demanda biológica de oxígeno, indica la cantidad de oxígeno que es consumido para la degradación bioquímica de la materia orgánica contenida en una muestra de agua, esto se realiza en un intervalo de tiempo específico (5 días) y a una determinada temperatura (DINAMA, 2016).

Dureza Total

La dureza total indica la presencia de metales alcalinotérreos en el agua. Los principales constituyentes en agua naturales son el calcio y el magnesio. Altas concentraciones de este parámetro producen problemas como incrustaciones en las tuberías, afectando en general a todo el sistema de distribución (León, 2015).

Hierro Total

El hierro es un metal maleable que existe en grandes cantidades dentro de la corteza terrestre, pero en pequeñas cantidades en las aguas naturales. Su presencia en el agua provoca precipitaciones y coloraciones no deseadas.

Altos niveles de este componente pueden causar graves daños en la salud humana como fibrosis de hígado e inclusive una cirrosis hepática (DIGESA, 2015).

Nitratos (NO₃)

Los Nitratos, formados por nitrógeno y oxígeno son considerados la especie nitrogenada de mayor cantidad e interés presentes en las aguas naturales y suelen encontrarse en mínimas cantidades o pocos ppm.

Su determinación en agua de consumo humano es de gran importancia porque cuando sus concentraciones sobrepasan los 10 ppm, son los causantes de una enfermedad infantil llamada "metahemoglobinemia" la cual se caracteriza por la dificultad de la sangre para absorber oxígeno.

Su presencia se debe principalmente al uso de fertilizantes arrastrados por la escorrentía hacia las aguas subterráneas y superficiales (León, 2015).

Nitritos (NO₂)

Los Nitritos son compuesto formados por nitrógeno y oxígeno, formando parte del ciclo del nitrógeno. Generalmente los nitritos se transforman en nitratos y viceversa debido a la

oxidación y reducción microbiana. La presencia de este componente en el agua indica la contaminación bacteriológica (León, 2015).

Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto OD, resulta de la unión del agua con el aire ocasionado por el viento y especialmente del oxígeno que es generado por la vegetación acuática en sus procesos de fotosíntesis. La solubilidad del oxígeno depende principalmente de la presión atmosférica de cada lugar, de la temperatura del cuerpo de agua y de su contenido en sales disueltas. En general “la solubilidad del oxígeno en el agua es directamente proporcional a la presión e inversamente proporcional a la temperatura” (León, 2015).

pH

El pH es una expresión de la concentración y exactamente de la actividad del ion hidrógeno. Generalmente se usa para expresar el carácter ácido o alcalino de una solución, lo que no quiere decir que mida la acidez total o la alcalinidad total. Con respecto a la calidad de agua se debe tomar en cuenta la coagulación química, la desinfección, el ablandamiento y el control de corrosión (Chaquea, 2017).

1.6.4.3. Microbiológicos

Coliformes totales

El grupo de los Coliformes totales en la actualidad tienen poco uso como indicadores de contaminación fecal. Su uso es de preferencia para aguas tratadas y aguas minerales, para la evaluación de aguas superficiales o plantas de tratamiento se debe realizar el análisis de Coliformes fecales. Se debe realizar la interpretación de la presencia de Coliformes fecales de acuerdo al tipo de agua que se está analizando, estas deben estar ausentes en un 85% de las muestras de agua potable tratada (Romero, 2013).

Coliformes fecales

Las Coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, son capaces de fermentar la lactosa a 44.5°C. Su capacidad de soportar temperaturas muy elevadas hace que se las denomine termo tolerantes, mientras que su capacidad de reproducción fuera del intestino de los animales homeotermos es favorecida por la presencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc. Un 95% de coliformes existentes en las heces fecales están formados por *Escherichia coli* y *Klebsiella* (Romero, 2013).

1.6.5. 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 (INEN, 2011).

1.6.5.1. 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 (INEN, 2011).

Para un apropiado procedimiento de muestreo se deben tener en cuenta ciertos aspectos o criterios con el fin de 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 (INEN, 2011).

1.6.5.2. Técnicas para toma de muestras

Preparación de recipientes

Para el análisis de compuestos químicos de aguas superficiales se debe tomar en cuenta lavar los recipientes de muestreo con el objetivo de reducir la contaminación de la muestra y que esto no afecte a los resultados de los análisis. Las botellas nuevas deben ser lavadas con agua y detergente, retirando con esto partículas de polvo o remanentes del material de fabricación; por consiguiente, se tiene que enjuagar completamente los envases con agua destilada (INEN, 2011).

Los recipientes destinados para análisis microbiológicos deben ser aptos para resistir temperaturas de esterilización de 175°C; además de conservar sus propiedades físicas a esta temperatura ya que el cambio de constituyentes físicos de los envases puede afectar directamente la actividad biológica. Las botellas deben ser lavadas con detergente, seguidamente se tiene que enjuagar con ácido nítrico al 10% de su concentración, para finalmente enjuagar con agua destilada con el objetivo de remover cualquier remanente de cromatos o metales pesados (INEN, 2011).

Para las muestras que contienen cloro se debe añadir tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) antes de la esterilización de las botellas, mediante este procedimiento se descarta la inactivación de los microorganismos debido al cloro (INEN, 2011).

Llenado de recipientes

Para las botellas destinadas para análisis químicos se deben llenar completamente y taparlas de una forma adecuada para que no exista aire sobre la muestra, reduciendo con esto la interacción de la fase gaseosa y también la agitación y mezcla de las muestras con el aire durante el lapso de transporte (INEN, 2011).

Para los análisis microbiológicos no se deben llenar las botellas a su totalidad, es decir se debe dejar una porción de aire después de enroscar la tapa (INEN, 2011).

Adición de preservantes

El objetivo de los preservantes es mantener ciertos constituyentes físicos y químicos por medio de la adición directa a la muestra de compuestos químicos después de que esta sea extraída de la fuente. Los compuestos químicos más empleados son: ácidos, soluciones básicas, biácidos, reactivos especiales empleados para la preservación de ciertos compuestos como cianuros totales, oxígeno y sulfitos. Para la adición de los preservantes se debe consultar la normativa INEN 2169:1998, tabla 1: Técnicas generales para la conservación de muestras – análisis físico – químico y la tabla 4: Técnicas generales recomendadas para la preservación de muestras para análisis biológicos (INEN, 2011).

Refrigeración y congelación de las muestras

Las botellas con muestras deben ser colocadas en refrigeradores de campo (coolers) inmediatamente, a temperaturas más bajas del sitio de recolección. La temperatura adecuada en que deben permanecer las muestras de agua debe oscilar entre 2°C y 5°C, por lo que es recomendable el enfriamiento por baño de hielo. Además de la refrigeración se debe tener en cuenta que el almacenamiento tiene que ser en un lugar oscuro hasta que las muestras sean entregadas al laboratorio (INEN, 2011).

1.6.5.3. Identificación y registro

Es necesario adjuntar los siguientes datos:

- Identificación del punto de muestreo con coordenadas.
- Fecha de la recolección.

- Hora de la recolección.
- Condiciones atmosféricas.
- Preservantes adicionados.
- Datos recopilados de la muestra.

Adicional al proceso de muestreo se debe registrar la información antes mencionada de las condiciones e información en las cuales fueron recolectadas las muestras (INEN, 2011).

1.6.6. Cuerpos legales de relevancia

1.6.6.1. 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 interrelaciones de integridad entre seres humanos con el medio ambiente en general (MAE, 2017).

En el libro VI, Anexo 1 se encuentra la Norma 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 se indican los criterios de calidad que debe cumplir una fuente hídrica cuyo fin es el consumo humano y uso doméstico, para que esta sea susceptible al proceso previo de potabilización (MAE, 2017).

1.6.6.2. INEN 1108:2011

La Norma Técnica Ecuatoriana, NTE INEN 1108:2011 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 físico-químicas, sustancias inorgánicas y orgánicas, radioactivos, pesticidas, residuos de desinfectantes, subproductos de desinfección y requisitos microbiológicos (INEN, 2011).

1.6.7. Sistemas de distribución de agua potable

1.6.7.1. Definición

Un sistema de distribución de agua está conformado por una serie de obras o estructuras necesarias para cumplir funciones específicas como captar, transportar, tratar, almacenar y distribuir el agua hacia los consumidores como se presenta en la Figura 1. El diseño de un

eficiente sistema de agua potable permite reducir las enfermedades y tasas de mortalidad, ligadas al consumo de agua en deterioradas condiciones (OPS, 2016).

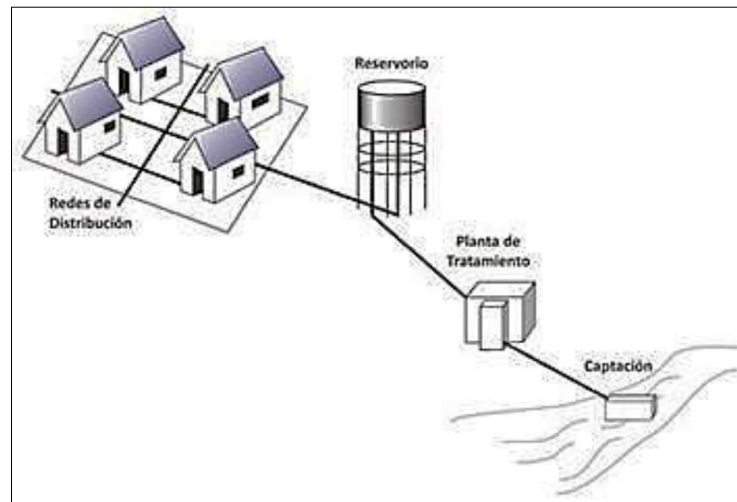


Figura 1. Sistema de Abastecimiento de Agua Potable (OPS, 2016).

1.6.7.2. Como está conformado un sistema de distribución de agua

Los sistemas de distribución de agua debe cumplir con ciertos requisitos de localización, cantidad y calidad, garantizando un porcentaje de caudal mínimo aguas debajo de la captación, dicho caudal es designado por la entidad responsable de la regularización y utilización del recurso hídrico. Antes de la construcción del sistema se debe realizar un diagnóstico de calidad de agua, con el fin de comprobar que las impurezas presentes no superan los límites establecidos para el consumo humano. El tipo de fuente influye directamente en las opciones tecnológicas viables, así como los costos implicados en el sistema (OPS, 2016).

Los tipos de fuente de abastecimiento pueden ser: superficiales como ríos, lagos, canales, arroyos, embalses, etc. Subterráneas como pozos excavados, manantiales, galerías filtrantes. Pluviales como agua de lluvia. (Tejada, 2015)

1.6.7.2.1. Captación

La función de la captación superficial es encaminar el cauce del río, por medio de una obra hidráulica para derivar el caudal de diseño y así este pueda ser almacenado en tanques o en cajones recolectores. La captación por lo general debe estar ubicada en áreas cuyas

características del suelo sean estables, presenten gran resistencia a la erosión y se localicen en un sector recto al cauce (Pizarro, 2005).

1.6.7.2.2. Conducción

El sistema de conducción está comprendido por una serie de tuberías o canales, cuya función es transportar el agua desde la captación hasta la planta de tratamiento o tanque de reserva, ya sea conducida a presión o a flujo libre. Se recomienda facilitar puntos accesibles donde se pueda controlar la no contaminación del agua (Pizarro, 2005).

1.6.7.2.3. Tratamiento

Se define como el conjunto de estructuras y operaciones unitarias cuya finalidad es la remoción o eliminación de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos. Es necesario el proceso de tratamiento en un sistema de distribución de agua potable, ya que con esto se asegura que el agua natural recolectada cumpla con las condiciones adecuadas para el consumo humano y garantice la eliminación de cualquier tipo de enfermedad de origen hídrico (OPS, 2016).

El diseño de una planta de potabilización depende principalmente de la calidad e información relevante de la fuente, por lo que no existe una normativa o fórmula que permita conocer el tipo de planta requerida para tratar el agua (Ojeda, 2015).

Cribado

Su función principal, es la remoción de todo material de gran tamaño que pueda afectar a los equipos. Se suelen usar rejillas de distintas distancias o aberturas dependiendo del material a ser removido, la limpieza se puede realizar manualmente o mecánicamente (Ojeda, 2015).

Aireación

Es el proceso en el cual el agua entra en contacto con el aire, con el objetivo de transferir oxígeno al agua y re oxigenarla, o al contrario, evacuar gases del agua disminuyendo así la concentración de dióxido de carbono CO_2 y ácido sulfúrico H_2SO_4 (Ojeda, 2015).

Coagulación

Consiste en la formación de partículas de tamaño discreto que se pueden separar del agua por medio de procesos como la filtración y sedimentación, se procede a añadir una

sustancia química coagulante como cloruro férrico FeCl_3 , sulfato ferroso FeSO_4 , sulfato de aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; cuya función es la remoción de sustancias coloidales y suspensiones finas (OPS, 2016).

Floculación

Es el proceso que consiste en la aglomeración de partículas previamente coaguladas y aglomeradas a través de un mezclado lento (Ojeda, 2015).

Sedimentación

Es la operación en la cual se remueve las partículas sólidas sedimentables mediante la fuerza de gravedad. La eliminación de la materia por sedimentación se basa en la diferencia de peso específico entre las partículas sólidas y el líquido en el que se hallan (Ojeda, 2015).

Esta operación unitaria es utilizada para la remoción de la carga de sólidos generados en el proceso de coagulación y floculación (OPS, 2016).

Filtración

En una planta de tratamiento de agua potable la filtración tiene el objetivo de retener el material suspendido que no es eliminado por sedimentación como la turbiedad, metales oxidados y microorganismos. Este último es de gran importancia, ya que ciertos microorganismos son resistentes a la desinfección (Ojeda, 2015).

La filtración depende principalmente del lecho filtrante, la tasa de filtración, número y tamaño de los filtros, dureza del flóculo y la temperatura (Ojeda, 2015).

Desinfección

Todo sistema de abastecimiento de agua para consumo humano tiene que recibir una desinfección adecuada, debido a que ciertos microorganismos patógenos presentes pueden afectar directamente la salud humana y son los responsables del contagio de enfermedades hídricas (OMS, 2018).

Por lo general la desinfección es el último proceso de tratamiento del agua, a pesar de ello dependiendo de las características de la fuente puede ser el único tratamiento necesario para el consumo y uso humano (OPS, 2016).

Existen varios métodos aplicados para la desinfección del agua como:

a) Oxidación química: Se realiza con sustancias como cloro, bromo, yodo, ozono, dióxido de cloro, permanganato de potasio y compuestos halógenos; los cuales son aplicados por calor, introducción a través de luz ultravioleta y ajuste de pH con ácidos o bases fuertes (Ojeda, 2015).

b) Hipocloradores: son empleados en plantas pequeñas o de mediana capacidad, para la desinfección del agua se puede usar hipoclorito de calcio o de sodio.

El hipoclorito de calcio es aplicado cuando el agua presenta características deficientes en alcalinidad y dureza (OPS, 2016).

El hipoclorito de sodio es usado comúnmente en plantas pequeñas; la solución se prepara una o dos veces al día, esto depende de criterios como la dosis de cloro establecida y el caudal de ingreso a la planta (Ojeda, 2015).

c) Cloro gas: Por lo general el cloro en estado gas es considerado como la forma más económica para la desinfección en plantas de gran capacidad (OPS, 2016).

El cloro gas es nocivo para las vías respiratorias, puede provocar quemaduras de ojos y piel e incluso puede causar la muerte por sofocación (Romero, 2013).

1.6.7.2.4. Almacenamiento

El almacenamiento comprende un tanque de reserva donde el agua es depositada hasta el momento de la distribución, en ciertos sistemas este tanque también es utilizado para la cloración (Vaca, 2016).

De acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), originada por la subsecretaría de hábitat y asentamientos humanos, se establece que la capacidad de almacenamiento debe ser el 50% del volumen diario futuro (MIDUVI, 2001).

1.6.7.2.5. Distribución

El sistema de distribución es el conjunto de tuberías, cuya finalidad es suministrar agua potable a los consumidores en condiciones de calidad y cantidad aceptables (Pizarro, 2005). El sistema de distribución está comprendido por:

Línea matriz

Es la red que une el tanque de almacenamiento o distribución con la línea principal de conducción. Esta red está encargada de suministrar el agua en las diversas zonas de la población cuyo diámetro es de alrededor de doce pulgadas. Se debe tomar en cuenta que de esta línea no debe existir ninguna conexión domiciliaria (OPS, 2016).

Red secundaria

Esta línea es abastecida por la tubería principal y alimenta a las redes terciarias o menores, su diámetro se encuentra entre cuatro a doce pulgadas. No se tienen que realizar conexiones domiciliarias, a excepción de consumidores con conexiones superiores a tres pulgadas (OPS, 2016).

Conexiones domiciliarias

Es la tubería que une las redes terciarias con los medidores. Por lo general su diámetro es menor de tres pulgadas y mayor a media pulgada (OPS, 2016).

1.6.8. Manual de mantenimiento

Un manual de mantenimiento presenta instrucciones, recomendaciones y procedimientos que sirven como guías para la realización de actividades necesarias en las obras correspondientes que forman parte de un sistema de abastecimiento de agua, con la finalidad de que los operadores de dicho sistema amplíen las habilidades necesarias para administrar y operar los sistemas adecuadamente, así como la realización de mantenimientos preventivos, reparaciones de forma correcta y oportuna cuando el sistema lo requiera (Avina , 2012).

2. METODOLOGÍA

2.1. Levantamiento de información y diagnóstico del sistema de abastecimiento y conducción

2.1.1. Parroquia Tambillo

Tambillo, es una parroquia perteneciente a la provincia de Pichincha, se encuentra ubicada geográficamente en el cantón Mejía, al norte de la cabecera cantonal de Machachi y a 43,6 kilómetros de la ciudad de Quito, con una superficie aproximada de 49,83 kilómetros cuadrados, siendo la tercera parroquia más pequeña del cantón (GAD, 2015).

En la Figura 2, se observa como la parroquia limita de la siguiente manera:

- **Norte:** con la parroquia de Cutuglahua
- **Sur:** con la parroquia de Machachi
- **Este:** con la parroquia Uyumbicho, el cantón Rumiñahui y la parroquia Rumipamba
- **Oeste:** con la parroquia Aloag



Figura 2. Ubicación de la Parroquia Tambillo del cantón Mejía (GAD, 2015).

La parroquia se encuentra conformada por 23 barrios, los cuales son los siguientes: Santa Elena de Pasochoa, Santa Elena, Sur, La Matilde, La Joya, Valle Hermoso I, Valle Hermoso II, Obrero, Paraíso, 20 de Julio, Miraflores, Norte Cuatro Esquinas, La Estación, el Murco, el Belén, Cuatro Esquinas del Belén, Tarqui, Santa Rosa, El Capulí, Tambillo Viejo, El Rosal y la Florida (SNI, 2015).

Sus principales actividades de ingresos económicos, por tradición se han basado en la ganadería y la agricultura; por lo tanto la mayor parte de la parroquia se dedica actualmente a la producción de leche y a la comercialización de alimentos (INEC, 2010).

Entre otras fuentes de ingreso para la localidad se encuentra, el desempeño como empleados en instituciones públicas, privadas y la migración representando el 5% de la población económicamente activa (INEC, 2010).

De acuerdo al último censo de población y vivienda efectuado en el año 2010, el número total de habitantes es de 8.319, los cuales están asentados mayoritariamente en el sector urbano representando un porcentaje de 67,44%, mientras que la otra parte de la población que representa un 32,56%, se encuentra asentada de forma dispersa en el sector rural (INEC, 2010).

2.1.2. Altitud

La altitud en la que se encuentra la parroquia de Tambillo es de 2.800 metros sobre el nivel del mar (SNI, 2015).

2.1.3. Clima

La temperatura media anual presentada en Tambillo es de 18,1°C. Siendo los meses más lluviosos septiembre y mayo, en cambio los meses más secos son julio y agosto (SNI, 2015).

2.1.4. Relieve

Su relieve está caracterizado por tener la forma de un callejón. Limita al oeste con el Atacazo y al este con el Pasochoa (SNI, 2015).

2.1.5. Hidrografía

En la parroquia se presentan algunas cuencas originadas por la filtración retardada de los páramos y que estos a su vez forman micro-cuencas (SNI, 2015). El área de micro-cuencas se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Área de micro-cuencas de la parroquia Tambillo (SNI, 2015).

Micro-cuencas	Superficie (km²)	%
Quebrada La Chorrera	2,50	5,02
Río Naranjal	0,04	0,08
Quebrada Tambilloacu	9,68	19,42
Quebrada Ushcu	10,60	21,28
Quebrada Sinihuaycu	6,01	12,06
Quebrada Aychapicho	0,00	0,00
Quebrada San Carlos	2,01	4,03
Quebrada Sambache	5,92	11,89
Drenajes Menores	13,06	26,22
9	49,83	100,00

2.2. Plan de muestreo

El objetivo principal de este trabajo fue caracterizar el agua de la Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo, realizando un muestreo en campo de una forma adecuada, siguiendo las normas requeridas para obtener con esto resultados confiables.

Se tomaron veinte muestras representativas que permitan conocer el estado de la calidad de agua para así determinar la composición física, química y microbiológica de los diferentes puntos a muestrear.

Los análisis se realizaron en la ciudad de Quito durante los meses de octubre a diciembre de 2018, en los laboratorios pertenecientes a la Escuela Politécnica Nacional:

- Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental
- Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM).

2.2.1. Provisiones para el muestreo de agua

Logística

- GPS
- Marcadores de tinta permanente
- Cámara digital
- Libreta de anotaciones
- Cuerda
- Recipiente aforado (balde)

Muestreo

- Equipos de medición *in situ* para los siguientes parámetros: pH, oxígeno disuelto, conductividad, cloro residual y temperatura.
- Coolers
- Hielo
- Preservantes
- Pissetas con agua destilada
- Etiquetas adhesivas
- Papel toalla
- Guantes de nitrilo
- Mandil

2.2.2. Selección de los puntos para la recolección de las muestras

Para el desarrollo del proyecto se establecieron veinte puntos de muestreo geo referenciados con coordenadas decimales como se detalla en la Tabla 2, los cuales comprenden el sistema de captación, conducción, plantas de tratamiento de agua potable y el sistema de distribución conformado por los barrios pertenecientes al sistema.

Es decir, se recolectaron muestras en la vertiente propiamente, en las tuberías de entrada a cada planta, en los tanques de almacenamiento y finalmente en los domicilios más cercanos, intermedios y lejanos de los barrios abastecidos.

De acuerdo a la codificación de muestras asignadas en el plan de muestreo se definió utilizar los siguientes códigos para la vertiente, la válvula de descarga, las plantas de tratamiento y domicilios:

Tabla 2. Ubicación de los puntos de muestreo

CÓDIGO	LUGAR	COORDENADAS	
		Latitud	Longitud
V1	Vertiente Curipogyo	S0° 23' 32,77284"	W78° 33' 58,4586"
V2	Válvula de Descarga	S0° 23' 40,2684"	W78° 33' 59,3244"
E1	Entrada a la Planta 1	S0° 24' 15,96636"	W78° 33' 0,94824"
T1	Tanque de Almacenamiento de la Planta 1	S0° 24' 16,23816"	W78° 33' 1,2564"
E2	Entrada a la Planta 2	S0° 24' 18,6612"	W78° 33' 41,65344"
T2	Tanque de Almacenamiento de la Planta 2	S0° 24' 18,87084"	W78° 33' 41,63364"
E3	Entrada a la Planta 3	S0° 23' 59,9928"	W78° 33' 7,2774"
T3	Tanque de Almacenamiento de la Planta 3	S0° 24' 0,05688"	W78° 33' 7,1748"
A1	Barrio Tambillo Centro	S0° 24' 37,83852"	W78° 33' 22,28976"
A2	Barrio Valle Hermoso I	S0° 24' 42,65424"	W78° 33' 14,6736"
A3	Barrio La Matilde	S0° 24' 59,02704"	W78° 33' 26,47836"
A4	Barrio Sur	S0° 25' 59,02704"	W78° 33' 26,47836"
B1	Barrio Santa Elena	S0° 24' 17,03412"	W78° 33' 2,00088"
B2	Barrio Tarqui	S0° 24' 31, 39596"	W78° 33' 9,3978"
B3	Barrio La Florida	S0° 24' 37,77768"	W78° 32' 12,71536"
B4	Barrio Tambillo Viejo	S0° 24' 31,39596"	W78° 33' 9,43978"
C1	Barrio El Rosal	S0° 24' 37,77768"	W78° 33' 12,41536"
C2	Barrio El Belén	S0° 24' 37,83852"	W78° 33' 22,28976"
C3	Barrio Panamericana Sur	S0° 24' 42,654242"	W78° 33' 14,6736"
C4	Barrio Valle Hermoso II	S0° 25' 19,44156"	W78° 33' 2,3274"

Dónde:

- V1 = Vertiente Curipogyo
- V2 = Válvula de descarga
- E1 = Entrada a la Planta 1
- T1 = Tanque de Almacenamiento de la Planta 1
- E2 = Entrada a la Planta 2
- T2 = Tanque de Almacenamiento de la Planta 2
- E3 = Entrada a la Planta 3

- T3 = Tanque de Almacenamiento de la Planta 3
- A1, A2, A3 y A4 = Viviendas abastecidas por la Planta 1
- B1, B2, B3 y B4 = Viviendas abastecidas por la Planta 2
- C1, C2, C3 y C4 = Viviendas abastecidas por la Planta 3

2.2.3. Identificación de las muestras

Cada uno de los recipientes que contenían las muestras, después de haber sido llenados y tapados cuidadosamente, fueron rotulados e identificados con el código de lugar de la muestra.

Además de contar con la siguiente información:

- Identificación del punto de muestreo con coordenadas.
- Fecha de la recolección.
- Hora de la recolección.
- Condiciones atmosféricas.
- Preservantes adicionados.
- Datos recopilados de la muestra.

2.2.4. Toma de muestras

Para la toma de muestras se identificaron los frascos y se colocó el código del lugar de la toma de muestra, además de la fecha y hora exacta en que se la realizó.

La toma de muestras se la llevó a cabo en dirección opuesta al flujo de la vertiente; mientras que para los tanques de reserva de agua potable se sumergió el envase y para las viviendas de los usuarios se llenó el envase a un volumen adecuado (INEN, 2011).

Se utilizaron guantes de nitrilo al momento de la recolección de la muestra, los envases estuvieron químicamente limpios y fueron enjuagados 2 o 3 veces antes de proceder a la recolección de la muestra, excepto para los envases destinados para análisis microbiológicos (INEN, 2011).

Para la recolección de muestras microbiológicas se llenó el envase 3/4 de su capacidad procurando sellar el envase dentro del agua. Se tuvo precaución de que el recipiente para análisis de DBO₅ no contenga burbujas.

2.2.5. Preservación de las muestras

Se preservaron las muestras con los compuestos químicos correspondientes para cada parámetro a ser analizado en el laboratorio, como se indica en la Tabla 3.

El objetivo de adicionar estos preservantes fue el de retardar los cambios químicos y biológicos que continúan después de que la muestra es retirada de su fuente de origen (INEN, 2011).

Tabla 3. Preservación para muestras de análisis en laboratorio (INEN, 2011).

Parámetro	Tipo de frasco	Volumen de muestra (ml)	Preservación
Cloruros	P o V	100	-
Cobre (Cu)	P o VB lavado con ácido	100	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO ₃
Coliformes Totales y Fecales	V	200	Refrigeración a 4°C
DBO ₅	P o V	1000	Refrigerar entre 2 y 5°C, guardar en la oscuridad.
DQO	P o V	100	Acidificar a pH < 2 con H ₂ SO ₄ , refrigerar entre 2 y 5°C, guardar en la oscuridad.
Dureza Total	P o VB	100	Acidificar a pH 1 a 2 con HNO ₃
Hierro Total	P o VB lavado con ácido	100	Acidificar a entre pH 1 a 2 con HNO ₃
Nitratos (NO ₃)	P o V	250	Acidificar a pH < 2 o refrigerar entre 2 y 5°C
Nitritos (NO ₂)	P o V	200	Refrigerar entre 2 y 5°C.
Sólidos Disueltos Totales	P o V	200	Refrigerar entre 2 y 5°C.
Sólidos Totales	P o V	100	Refrigerar entre 2 y 5°C.
<i>P: plástico</i>		<i>V: vidrio</i>	<i>VB: vidrio borosilicatado</i>

2.2.6. Transporte y entrega de las muestras al laboratorio

Al momento de almacenar los envases se verificó que los mismos estén debidamente sellados evitando con esto posibles derrames.

Las muestras fueron entregadas al laboratorio lo antes posible después de ser recolectadas, en el transcurso de 24 horas como máximo. La persona encargada de la recepción de las muestras verificó el etiquetado y lo comparó con la información recopilada en campo (INEN, 2011).

2.2.7. Información de los parámetros a analizar

En la Tabla 4, se indican los lugares (laboratorio o *in situ*) en los que se realizaron los análisis por parámetro:

Tabla 4. Lugar de análisis por parámetro

PARÁMETRO	LUGAR DE ANÁLISIS
Cloruros	Laboratorio
Cobre	
Coliformes Totales y Fecales	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	
Demanda Química de Oxígeno	
Dureza Total	
Hierro Total	
Nitratos (NO ₃)	
Nitritos (NO ₂)	
Sólidos Disueltos Totales	
Sólidos Totales	
Cloro Residual	<i>In situ</i>
Conductividad	
Oxígeno Disuelto	
Potencial Hidrógeno (pH)	
Temperatura	
Turbiedad	

2.2.8. Cronograma de actividades

En la Tabla 5, se detallan las actividades realizadas con las fechas correspondientes.

Tabla 5. Cronograma

Objetivo	Actividades	Fecha
Realizar un levantamiento de información.	Recorrido de la zona para establecer los puntos representativos para el muestreo.	31/08/2018
	Toma de fotografías, identificación de puntos vulnerables del sistema de distribución de agua potable.	
Reconocimiento del sistema de captación, potabilización y distribución.	Recorrido a lo largo del sistema, reconociendo puntos que presenten deterioro para las respectivas recomendaciones en el manual de mantenimiento.	15/09/2018
1er muestreo.	Toma de muestras en: captación, válvula, entrada de agua y tanque de almacenamiento de la planta de tratamiento 2.	02/10/2018
2do muestreo.	Toma de muestras en: entrada de agua y tanque de almacenamiento de la planta de tratamiento 3, entrada de agua y tanque de almacenamiento de la planta de tratamiento 1, primer domicilio.	29/10/2018
3er muestreo.	Toma de muestras en: domicilios.	12/11/2018
4to muestreo.	Toma de muestras en: domicilios.	19/11/2018

2.3. Análisis de parámetros

2.3.1. Físicos

Conductividad

La determinación de este parámetro se realizó *in situ*, el equipo que se usó para ello fue el medidor de conductividad SDT, marca HACH, modelo 44600.

Para iniciar la medición se enjuagó el sensor con agua destilada previamente a cada medición, seguido de esto se introdujo el sensor dentro de la muestra a ser analizada, los orificios de ventilación fueron totalmente sumergidos y se verificó que no existieran burbujas de aire atrapadas. Se esperó a que el equipo se estabilice y se registró los valores obtenidos (HACH, 2000).

Sólidos disueltos totales

El método aplicado para este análisis fue el gravimétrico. Lo primero que se realizó para este ensayo fue verificar que la balanza a ser usada este calibrada correctamente y el correcto funcionamiento de la estufa a la temperatura establecida por el método. Luego se prepararon los filtros a ser usados, los cuales fueron lavados con agua destilada y colocados en la mufla a una temperatura de 505°C por un periodo de 30 minutos, con la finalidad de eliminar cualquier tipo de residuo. Después de esto con la ayuda de la balanza analítica se pesaron las cápsulas con los filtros y a la vez se registraron los valores obtenidos, como se observa en la Figura 3. Seguidamente las cápsulas con filtro fueron acomodadas dentro de la estufa por un período de 24 horas, al finalizar este período se dejó enfriar las cápsulas y fueron depositadas en los desecadores por 30 minutos.

Mientras tanto se filtró un volumen de 50 ml de muestra y luego se colocó junto con las cápsulas en la estufa eléctrica a una temperatura entre 103°C y 115°C por un lapso de 24 horas para su evaporación. Nuevamente fueron depositadas las cápsulas con los filtros en el desecador por un tiempo de 30 minutos, para finalmente ser registrados los pesos obtenidos (APHA, 2003).



Figura 3. Determinación de sólidos totales disueltos en el laboratorio

La siguiente fórmula permitió la determinación de los sólidos disueltos:

$$SDT = \frac{(P1 - P2) \times 1000}{Vm}$$

Ecuación 1. Cálculo sólidos disueltos totales (Chaquea, 2017).

Dónde:

SDT= Sólidos disueltos totales en mg/l

P1= Peso de la cápsula más el residuo obtenido de la evaporación en mg

P2= Peso de la cápsula sola en mg

V_m= Volumen de la muestra filtrada en ml

Sólidos totales

El método empleado para este análisis fue el gravimétrico, para ello se preparó previamente las cápsulas de porcelana, es decir se lavó las capsulas con agua destilada y luego fueron colocadas en la estufa a una temperatura de 103°C y 115°C por un tiempo de 60 minutos aproximadamente, todo esto con el objetivo de eliminar cualquier residuo que interfiera en la medición, después las cápsulas fueron colocadas en el desecador para su enfriamiento, como se indica en la Figura 4. El siguiente paso fue pesar las cápsulas para posteriormente colocar 50 ml de muestra y volverlas a introducir en la estufa por un lapso de 24 horas. Luego de transcurrido el tiempo indicado se sacaron las respectivas cápsulas al desecador por un tiempo de 30 minutos y se volvieron a pesar, finalmente se registraron los datos obtenidos (APHA, 2003).



Figura 4. Determinación de sólidos totales en el laboratorio

La siguiente fórmula permitió la determinación de los sólidos totales:

$$SDT = \frac{(P1 - P2) \times 1000}{V_m}$$

Ecuación 2. Cálculo de sólidos totales (Chaquea, 2017).

Dónde:

ST= Sólidos totales en mg/l

P1= Peso de la cápsula más el residuo seco obtenido en mg

P2= Peso de la cápsula sola en mg

V_m= Volumen de la muestra en ml

Temperatura

Este parámetro fue analizado *in situ*, para su determinación se manejó el mismo equipo utilizado para el análisis de conductividad SDT, marca HACH, modelo 44600, debido a que este se puede utilizar para la medición de ambos parámetros.

Para iniciar la medición se enjuagó el sensor con agua destilada previamente a cada medición, seguido de esto se introdujo el sensor dentro de la muestra a ser analizada, los orificios de ventilación fueron totalmente sumergidos y se verificó que no existan burbujas de aire atrapadas. Se esperó a que el equipo se estabilice y se registró los valores obtenidos (HACH, 2000).

La medición de este parámetro debe realizarse necesariamente *in situ*, debido a que es necesario conocer las condiciones ambientales del lugar y si la muestra es transportada al laboratorio, los resultados se pueden ver afectados (Chaquea, 2017). En la Figura 5, se observa la determinación de dicho parámetro.



Figura 5. Determinación de la temperatura *in situ*

Turbiedad

Este parámetro fue analizado *in situ*, con la ayuda de un turbidímetro de marca HACH 2100P.

Para iniciar las mediciones se calibró el equipo y verificó que las celdas a ser usadas para las mediciones posteriores se encuentren debidamente limpias. Como paso siguiente se

colocó la muestra dentro de las celdas de 10 ml previamente homogeneizadas, se secó cuidadosamente la celda debido a que la humedad puede causar interferencias al momento de realizar la medición, se esperó a que el equipo se estabilice y se registró los valores obtenidos (HACH, 2000), como se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Determinación de turbidez *in situ*

2.3.2. Químicos

Cloro residual

La medición del Cloro Residual se realizó *in situ*, se utilizó un medidor de cloro (colorímetro) marca HACH, modelo Pocket Colorimeter II, el cual se muestra en la Figura 7.

Como primer paso se verificó que la celda a ser usada para las mediciones se encuentre totalmente limpia, se colocó una cantidad de la muestra de agua a analizarse dentro de la celda, se añadió el reactivo dietil-p-fenilen-diamina (DPD), y la muestra se tornó rosa, en caso de no contener cloro residual la muestra no toma ninguna coloración. Se colocó la celda dentro del equipo y finalmente se registraron los valores obtenidos (HACH, 2000).



Figura 7. Equipo medidor de cloro residual *in situ*

Cloruros

Se utilizó el método de la titulación (volumétrico). Se colocó 10ml de muestra dentro de un matraz Erlenmeyer, luego se añadió 1ml de la solución indicadora Dicromato de Potasio (K_2CrO_4) al 1% y la muestra tomó un color amarillento. Se realizó la titulación con Nitrato de Plata ($AgNO_3$) 0.01 N. El viraje se dio de un color amarillo a un amarillo-rojizo, como se evidencia en la Figura 8., siendo el fin de la titulación (APHA, 2003).



Figura 8. Determinación de cloruros en el laboratorio

La fórmula que se usó para realizar los cálculos es la siguiente:

$$Cl^- = \frac{V_{AgNO_3} \times N_{AgNO_3} \times 1000}{V_m}$$

Ecuación 3. Cálculo cloruros (Chaquea, 2017).

Dónde:

Cl^- = Concentración de cloruros en mg/l

V_{AgNO_3} = Volumen de Nitrato de Plata utilizado en la titulación en ml

N_{AgNO_3} = Normalidad del Nitrato de Plata

V_m = Volumen de la muestra tomada en ml

Cobre

Para el análisis de este parámetro se utilizó el equipo denominado espectrofotómetro UV-Vis, marca HACH, modelo 2700.

Para iniciar la medición en este se utilizó el reactivo conocido como CuVer1 y se estableció la longitud de onda correspondiente, que en este caso es de 0,1 a 8,0 mg/l Cu. Se tomó dos celdas para realizar el análisis, en una se colocó 10 ml de muestra (sin reactivos) la cual fue utilizada como blanco y para encerrar el equipo, en la segunda celda se colocó 10ml de muestra y se adicionó el reactivo correspondiente ya mencionado, se agitó la celda suavemente en forma circular, la muestra tomó un color púrpura el cual es proporcional a la concentración de cobre en la muestra, se esperó dos minutos. Al finalizar el tiempo de reposo se colocó la celda dentro del equipo y se realizó la medición (HACH, 2000). Se indica en la Figura 9.



Figura 9. Determinación de cobre en el laboratorio

DQO

Para el análisis de la DQO se aplicó el método de espectrofotometría por medio de la digestión en un reactor con viales de bajo rango, ya que las muestras que fueron analizadas son para consumo de agua potable (INEN, 2011). Los rangos se establecen en la Tabla 6.

Tabla 6. Rango de DQO (INEN, 2011).

Rango 100-1500 mg/l	Rango 1,0-15,0	Agua destilada
0	0	2
400	4	1,8
800	8	1,6
1200	12	1,4
1500	15	1,25

Para la realización de este análisis se necesitó un blanco de agua destilada. Inicialmente se precalentó el biodigestor por un período de 45 minutos hasta que indicó una temperatura de 150°C. Transcurrido este tiempo se colocó 1ml de muestra o 1ml de agua destilada en los

viales con la ayuda de una pipeta para posteriormente cerrar los viales. Después cuidadosamente se agitó los viales de arriba hacia abajo por un lapso de 2 minutos, para luego abrir los viales en un lugar con una adecuada ventilación y dejar escapar los vapores generados por el ácido. Enseguida se cerraron herméticamente los viales para evitar evaporaciones y se insertaron en el biodigestor por un tiempo de 2 horas, como se ilustra en la Figura 10. Finalmente se dejaron enfriar los mismos con la ayuda de una gradilla de madera y se procedió a realizar la lectura con el espectrofotómetro (HACH, 2000).



Figura 10. Determinación de la DQO en el laboratorio

El cálculo de la DQO con los valores obtenidos se realizó con la siguiente fórmula:

$$DQO = DQO_{Biodegradable} + DQO_{No\ Biodegradable}$$

Ecuación 4. Cálculo DQO (Chaquea, 2017)

DBO₅

En base a los resultados negativos obtenidos en el análisis de la DQO, se pudo determinar que no existe presencia de materia orgánica significativa en las muestras de agua. Por ello se descartó el procedimiento del ensayo de la demanda biológica de oxígeno (Chaquea, 2017).

Dureza Total

La determinación de este parámetro se realizó mediante titulación. Se colocaron 100 ml de muestra dentro de un matraz Erlenmeyer, se adicionó 1ml de solución buffer de dureza, ajustando el pH de la muestra a 10. Seguido a esto se colocó una pizca del indicador negro de ericromo y la muestra tomó un color violeta, se tituló con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) de 0.01 M, el cambio de color en la muestra se dio de violeta a azul (APHA, 2003), como se detalla en la Figura 11.



Figura 11. Determinación de la dureza total en el laboratorio

Se determinó el tipo de dureza del agua basándose en la Tabla 7:

Tabla 7. Clasificación de las aguas según su dureza (León, 2015).

Clasificación	Dureza, mg CaCO ₃ /l
Blandas	0-100
Moderadamente Duras	101-200
Duras	200-300
Muy duras	>300

Para calcular el valor de la dureza total se aplica la siguiente fórmula:

$$CDT \text{ CaO}_3 = \frac{V_{EDTA} \times M_{EDTA} \times 1000000}{Vm}$$

Ecuación 5. Cálculo Dureza Total (Chaquea, 2017).

Dónde:

CDT= Concentración de dureza total en mg/l de CaCO₃

V_{EDTA}= Volumen utilizado de EDTA para la titulación en ml

M_{EDTA}= Molaridad del EDTA

Hierro Total

Para la realización de este análisis se usó el espectrofotómetro UV-Vis, ya mencionado anteriormente. Se ajustó la longitud de onda hasta 510nm, el análisis de este parámetro se realizó con el reactivo llamado FerroVer. Se utilizaron dos celdas de 10 ml, en la primera se colocó la muestra de agua la cual fue usada como blanco para encerrar el equipo y en la

segunda celda se colocó la muestra adicionando el reactivo indicado, se agitó suavemente con movimientos circulares y se dejó reposar por tres minutos para posteriormente realizar la lectura correspondiente. El reactivo mencionado FerroVer reacciona con todas las formas solubles de hierro y con la gran mayoría de las formas no solubles en una muestra de agua. Al adicionar este reactivo la muestra se tornó de color anaranjado, este color es proporcional a la presencia de hierro en la muestra (HACH, 2000).

Nitratos (NO_3)

En el análisis de este parámetro se utilizó el espectrofotómetro HACH, se estableció la longitud de onda de 500nm. Para la realización de este análisis se manejó el reactivo llamado NitraVer₅. Se utilizaron dos celdas de 10 ml. En la primera se colocó la muestra sin adicionar reactivos, la cual se usó como el blanco del análisis. En la segunda celda se colocó la muestra, se adicionó el reactivo correspondiente y se agitó vigorosamente por el lapso de un minuto y de forma invertida. Se dejó reposar por cinco minutos, como se muestra en la Figura 12. Finalmente se realizó el registro de los valores obtenidos (HACH, 2000).



Figura 12. Determinación de nitratos en el laboratorio

Nitritos (NO_2)

En el análisis de este parámetro se utilizó el espectrofotómetro HACH, se estableció la longitud de onda de 507nm. Para la realización de este análisis se manejó el reactivo llamado NitraVer₃. Se utilizaron dos celdas de 10 ml cada una, en la primera se colocó agua destilada la cual se usó como blanco, en la segunda se colocó la muestra, a las dos celdas se les adicionó el reactivo correspondiente, se agitó el blanco y la muestra suavemente en forma circular y se esperó por 20 minutos, como se indica en la Figura 13. Para finalizar se realizó el registro de los valores obtenidos. La muestra toma un color rosa dependiendo su intensidad de la presencia de nitritos en la misma (HACH, 2000).



Figura 13. Determinación de nitritos en el laboratorio

Oxígeno Disuelto

Se realizó *in situ*, el equipo que se usó para ello fue un Medidor de OD portátil. Para iniciar la medición se enjuagó el sensor con agua destilada previamente a cada medición, seguido se introdujo el sensor dentro de la muestra (APHA, 2003). Se esperó a que el equipo se estabilice y se registraron los valores obtenidos, como se observa en la Figura 14.

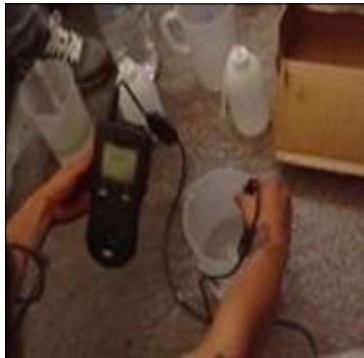


Figura 14. Determinación de oxígeno disuelto *in situ*

pH

La determinación de este parámetro se realizó *in situ*, el equipo que se usó para ello fue el potenciómetro marca Accument, AP 115 portátil, como se presenta en la Figura 15. Para iniciar la medición se enjuagó el sensor con agua destilada previamente a cada medición, seguido de esto se introdujo rápidamente el sensor dentro de la muestra a ser analizada (APHA, 2003). Se esperó a que el equipo se estabilice y se registraron los valores obtenidos.



Figura 15. Determinación de pH *in situ*

2.3.3. Microbiológicos

Coliformes totales

La determinación de este parámetro es considerada una de las más importantes para la evaluación de la calidad del agua de consumo humano (Romero, 2013).

Para ello se utilizó el método del número más probable (NMP), que consta de dos partes la primera fue realizar una prueba presuntiva para analizar la presencia de coliformes totales y la segunda una prueba confirmativa para analizar la presencia de coliformes fecales. Se consideró que el agua analizada en su mayoría era agua potable por lo que no debería existir presencia de coliformes totales o fecales en ella.

La realización de este análisis fue de muestras de agua para consumo humano, por ello los envases a ser utilizados estuvieron totalmente esterilizados y adicionalmente a las muestras se les añadió tiosulfato de sodio 1% inmediatamente después de su toma, debido a que el cloro podía influir en los análisis.

Se inició el proceso de análisis como se mencionó anteriormente en su primera fase con la prueba presuntiva, al iniciar este análisis se tomó en cuenta que los materiales a ser usados iban a ser esterilizados en el autoclave por lo que debieron estar completamente limpios y secos previamente.

Lo siguiente que se realizó fue determinar el número de diluciones y repeticiones que se iban a realizar, para esto la base fue tomada de la norma INEN: 1108, la cual indica que para el análisis de agua potable se debe realizar de la siguiente manera, como se indica en la Figura 16:

- **10⁰**: 10 ml de muestra

- 10^1 : 1 ml de muestra más 9 ml de agua de dilución
- 10^{-1} : 1 ml de dilución 10^1 más 9 ml de agua de dilución.

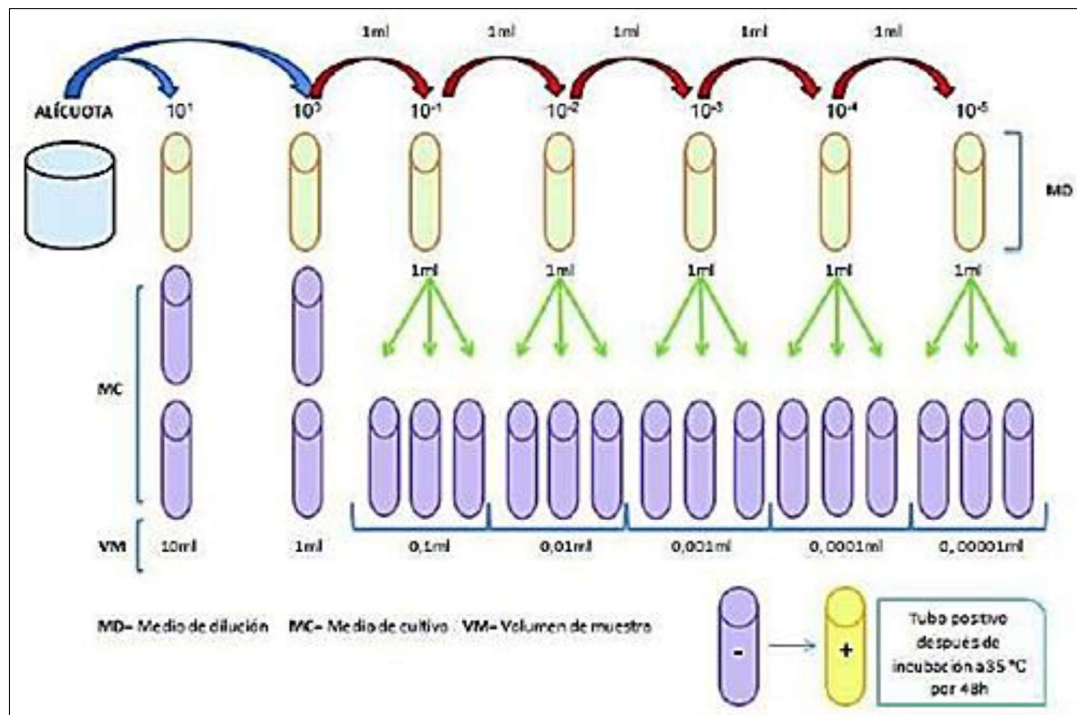


Figura 16. Esquema para la determinación de coliformes totales (Romero, 2013)

Cada una con cinco repeticiones respectivamente, a partir de este análisis se determinó los materiales y cantidades de reactivos que se utilizaron. Se continuó con el desarrollo del análisis de la siguiente manera:

a) Preparación del medio de cultivo: se tomó 13 gramos de caldo lactosado y 0.01 g de púrpura de bromocresol, los cuales se colocaron juntos y fueron disueltos y aforados con agua destilada en un balón volumétrico de 1000 ml. La solución tomó un color púrpura y se verificó su pH de 6.9 ± 0.2 , posterior a esto el balón se cerró de manera hermética y se almacenó a temperatura ambiente hasta ser usado.

b) Preparación del agua de dilución: inicialmente se prepararon dos soluciones madres. Primero la solución madre de tampón A, en la cual se diluyeron 34 g de fosfato monopotásico con agua destilada, se aforó en un balón de 1000 ml y de la misma manera se verificó su pH de 7.2 ± 0.2 . Segundo la solución madre de tampón B, en la cual se diluyeron 8.1 g de cloruro de magnesio hexahidratado con agua destilada y se aforó en un balón de 1000 ml.

La preparación del agua de dilución o también conocida como solución tampón de fosfatos, consta de la unión de la solución madre de tampón A más la solución madre de tampón B. Se colocó 1.25 ml de la solución de tampón A más 5 ml de la solución de tampón B y se aforó con agua destilada en un balón de 1000 ml, se cerró el balón herméticamente y se guardó para su uso posterior.

c) Preparación de los tubos de ensayo: se rotularon los tubos de ensayo debidamente y fueron colocados en las gradillas para manejarlos de mejor manera, dentro de cada tubo de ensayo se pusieron 10 ml del medio de cultivo preparado anteriormente, al ser llenados los tubos fueron cerrados.

Luego de esto se colocó dentro de los siguientes tubos de ensayo 9 ml de agua de dilución, de la misma manera fueron cerrados.

Los tubos ya preparados tanto con el medio de cultivo como con el agua de dilución se colocaron junto con las puntas plásticas a ser usadas en recipientes adecuados para introducirlos al autoclave, en el cual fueron esterilizados a una temperatura de 121°C por el lapso de dos horas.

d) Preparación de la zona de trabajo: la zona de trabajo fue debidamente esterilizada con alcohol y se creó un ambiente aséptico mediante el encendido de un mechero, así los materiales al ser retirados del autoclave se colocaron en un ambiente ordenado, limpio y estéril.

e) Realización de la siembra: los materiales usados en este paso fueron micropipetas de 1000 μ l y las puntas plásticas ya mencionadas que fueron esterilizadas. Se tomó la micropipeta, se colocó la primera punta plástica, se añadió 1 ml de la dilución 10^1 en la dilución 10^0 y se homogeneizó la solución. Luego se colocó la siguiente punta plástica se añadió 1 ml de la dilución 10^0 en la dilución 10^{-1} y se homogeneizó la solución.

Se prosiguió a inocular hacia atrás, tomando 1 ml del tubo anterior para cada dilución. Se tomó en cuenta el cambio de las puntas plásticas para cada repetición y este proceso se realizó en todas las muestras.

f) Incubación: se colocaron los tubos de ensayo dentro de la incubadora a una temperatura de 35°C por 48 horas. Finalmente, al terminar este lapso de tiempo se retiraron los tubos de la incubadora y se observó que no existía un cambio de coloración, lo que indica que no existe presencia de coliformes totales ni fecales en las muestras de agua. De no ser así, al existir la presencia de dichos parámetros, el cambio de coloración es de púrpura a amarillo.

En la Figura 17, se observa la preparación de los tubos de ensayo para la realización de los análisis:



Figura 17. Determinación de coliformes totales en el laboratorio

Coliformes fecales

Los tubos colocados, después de 48 horas requeridas de inoculación en la prueba presuntiva no presentaban un cambio de coloración, debido a esto no se realizó la prueba confirmativa y el análisis de este parámetro fue descartado.

2.4. Evaluación y comparación con la norma vigente

Al finalizar con los análisis de los parámetros establecidos, se realizó la comparación correspondiente. Para ello se tomó las normas vigentes en el país para el agua de consumo humano o agua potable.

Se elaboraron las comparaciones con el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) Libro VI, Anexo 1, Tabla 2 (Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección); y la Norma INEN 1108:2011, la cual establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

Se analizaron los resultados de la vertiente, la válvula de descarga y la entrada de agua a cada una de las plantas uno, dos y tres; con el TULSMA.

Para los tanques de cada planta de tratamiento uno, dos, tres y los domicilios muestreados, se tomó ambas normas; ya que existen parámetros de los cuales se indica los límites máximos permisibles en la norma INEN: 1108 y para otros en el TULSMA.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Diagnóstico del sistema de abastecimiento y conducción

3.1.1. Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo

La Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo posee en la actualidad un sistema de abastecimiento y conducción de agua que inicia con su captación en la vertiente Curipogyo. Cuenta con tres plantas de tratamiento y la estructura correspondiente para conducir el recurso hacia su población.

Este sistema fue construido por sus habitantes hace aproximadamente 50 años, con el objetivo de satisfacer sus necesidades de consumo de agua potable (Rojas, 2018).

El sistema cuenta con tuberías distribuidas a lo largo del trayecto:

- Enterradas de PVC y con un diámetro de cuatro pulgadas
- Expuestas al aire libre, las cuales son de hierro galvanizado de igual forma con un diámetro de cuatro pulgadas y unidas con bridas metálicas, como se observa en la Figura 18:



Figura 18. Tuberías expuestas del sistema de aducción

Cada una de las plantas de tratamiento cuenta con un primer proceso de aireación, como se evidencia en la Figura 19, en el cual se oxigena el agua que ingresa a las plantas, con el fin de incrementar los niveles de concentración de oxígeno disuelto y de esta manera se cumplan con los requisitos establecidos en la Normativa Vigente.



Figura 19. Aireador correspondiente a la planta de tratamiento

Como segundo proceso la cloración automática, la cual consiste en ingresar 2 mg/l de cloro gas puro al agua entrante, se muestra en la Figura 20, para así recolectarla en los tanques de almacenamiento correspondientes, los cuales se observan en la Figura 21.



Figura 20. Cloro gas correspondiente a la planta de tratamiento



Figura 21. Tanque de almacenamiento correspondiente a la planta de tratamiento

Cada tanque de almacenamiento se somete a un proceso de limpieza cada quince días en el exterior y una vez al año en su interior (Rojas, 2018). Cada uno de los tanques abastece

un caudal de 18 l/s y cuenta con un volumen de almacenamiento indicado a continuación en la Tabla 8.

Tabla 8. Capacidad de almacenamiento de cada tanque (JAAPT, 1999).

Planta	Volumen (m ³)
1	400
2	100
3	100

3.2. Parámetros analizados

3.2.1. Físicos

Conductividad

A continuación en la Figura 22, se muestran los resultados de los análisis de conductividad en cada punto de muestreo.

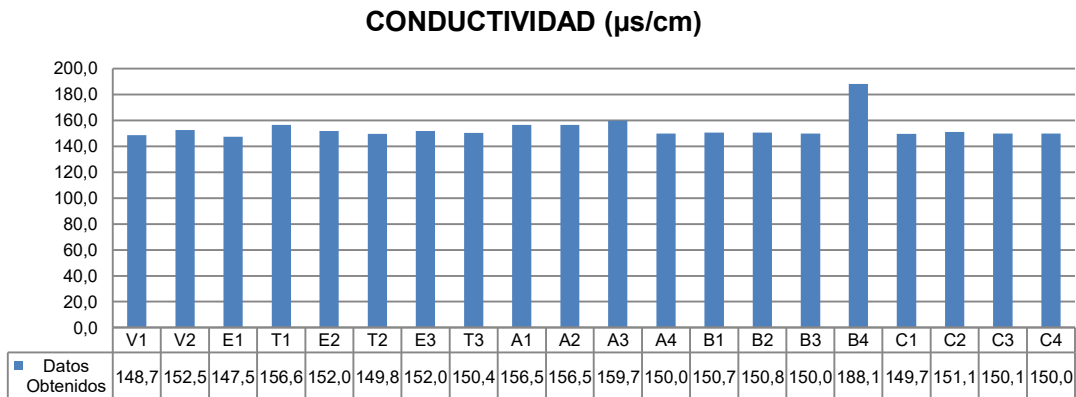


Figura 22. Resultados de los análisis de conductividad

En la normativa ecuatoriana INEN 1108, no está regulado el parámetro de la conductividad eléctrica, debido a esto se comparó con el límite máximo permisible que se encuentra en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, tabla 2.

Los resultados de los puntos muestreados señalan que cumplen con el límite máximo permisible establecido de 1500 µS/cm. Los valores obtenidos se mantienen en un rango de 147,5 – 188,1. Se debe a que el agua captada se encuentra almacenada dentro de tanques

de concreto y conducida a través de tuberías de PVC y hierro galvanizado, así se evita el contacto con la geología de la zona, es decir con rocas y tierras, las cuales influyen en la descarga de iones en el agua, impidiendo con esto que la conductividad eléctrica sea afectada.

La conductividad eléctrica está relacionada directamente con la concentración de sólidos disueltos en el agua, el valor obtenido de la conductividad permite establecer un estimativo rápido de la concentración de sólidos disueltos.

Sólidos Disueltos Totales

A continuación en la Figura 23, se muestran los resultados de los análisis de sólidos disueltos totales en cada punto de muestreo.

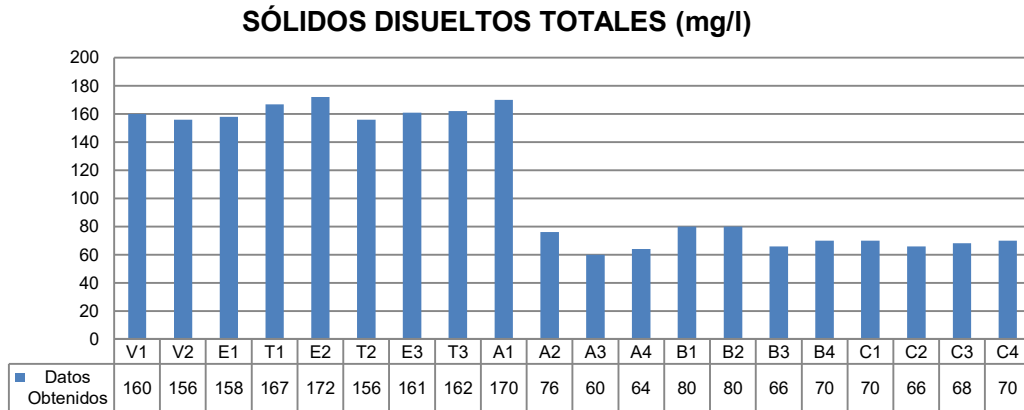


Figura 23. Resultados de los análisis de sólidos disueltos totales

Los resultados de los puntos muestreados señalan que las muestras cumplen con el límite máximo permisible establecido en la normativa ecuatoriana del TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 2, que establece un valor de 500 mg/l.

En los primeros nueve puntos de muestreo se puede observar una pequeña variación a diferencia de los últimos puntos, la cual no es relevante. Se da debido a que en los puntos iniciales puede existir un aporte bajo de iones debido a las rocas, tipo de suelo, escorrentía. Esto hace que se presente dicha variación.

Ninguno de los puntos analizados sobrepasa el rango establecido y como se mencionó en el parámetro anterior, el valor de los sólidos disueltos totales es proporcional a la conductividad. Al realizar una comparación se puede determinar que los resultados son cercanos.

Sólidos Totales

A continuación en la Figura 24, se muestran los resultados de los análisis de sólidos totales en cada punto de muestreo.

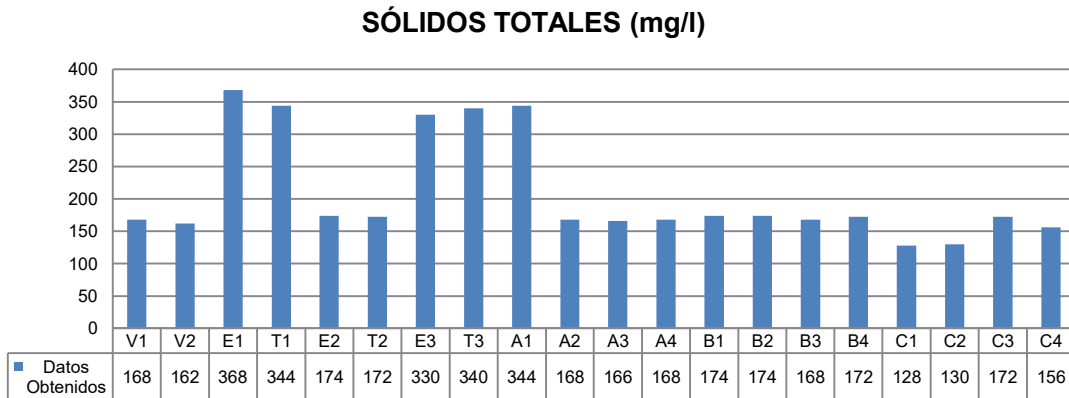


Figura 24. Resultados de los análisis de sólidos totales

Como se evidencia, los valores obtenidos de los análisis de sólidos disueltos totales se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos en la normativa ecuatoriana del TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 2, de la misma manera los sólidos totales no presentan valores mayores a los establecidos.

Se indica que en los puntos E1, T1, E3, T3, A1, existe una ligera elevación en los valores. Lo cual indica una presencia de iones disueltos en los puntos indicados, como se mencionó se debe a factores provenientes del lugar. La presencia de este parámetro en altas cantidades puede ocasionar un sabor desagradable al agua de consumo humano.

Temperatura

A continuación en la Figura 25, se muestran los resultados de los análisis de temperatura en cada punto de muestreo.

Los resultados de los puntos muestreados señalan que las muestras cumplen con lo establecido en la normativa ecuatoriana del TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 2, que indica que este parámetro puede variar +/- 3 grados centígrados de sus condiciones naturales.

TEMPERATURA (°C)

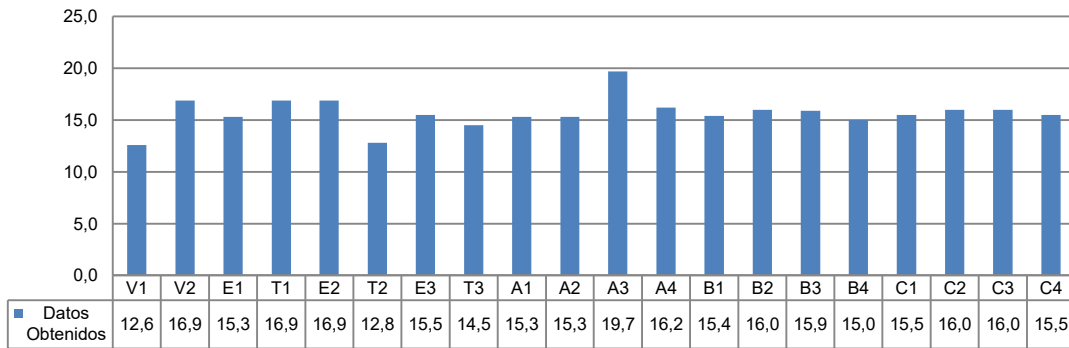


Figura 25. Resultados de los análisis de temperatura

Los análisis muestran una temperatura que va de 12,6°C a 19,7°C. La cual es normal para los ecosistemas ubicados en esta región. El resultado varía dependiendo del lugar y debido a que las muestras fueron tomadas en días y condiciones ambientales diferentes. Los valores obtenidos indican que el agua es adecuada para el consumo humano.

Turbiedad

A continuación en la Figura 26, muestran los resultados de los análisis de turbiedad en cada punto de muestreo.

TURBIEDAD (NTU)

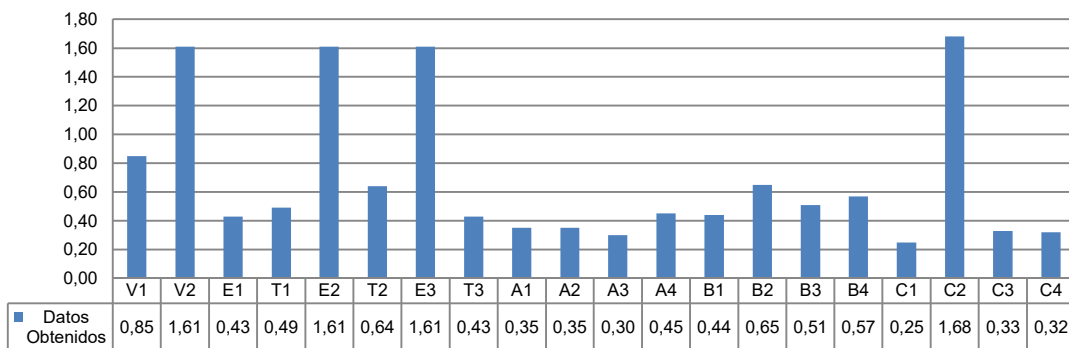


Figura 26. Resultados de los análisis de turbiedad

Los valores registrados se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos tanto en la normativa ecuatoriana INEN 1108, que indica un valor de 5 NTU así como en el TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 2, que indica un valor de 10 NTU, lo que hace que el agua potable sea de buena calidad.

Se indican valores que varían en los puntos V2, E2, E3 y C2, se debe a la posible presencia de material particulado o en suspensión como arcillas, limos, algas, etc. Arrastrados por la corriente de agua de la vertiente.

3.2.2. Químicos

Cloro Residual

A continuación en la Figura 27, se muestran los resultados de los análisis de cloro residual en cada punto de muestreo.

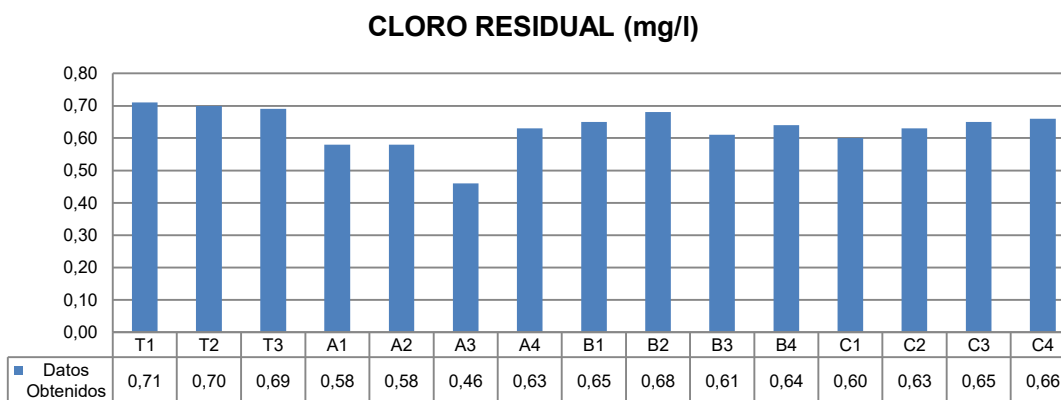


Figura 27. Resultados de los análisis de cloro residual

Los resultados señalan que se cumple con el rango establecido por la norma INEN 1108, que establece un valor entre 0,3 - 1,5 mg/l. Se puede observar que la concentración de cloro permanece constante a lo largo del sistema.

Al obtener valores constantes y adecuados en el sistema se demuestra que existe una mezcla homogénea entre el agua y el cloro gas, además que la dosificación aplicada está en función al caudal que ingresa a las plantas. Cantidades altas de cloro provocan enfermedades estomacales, cantidades bajas también tienden a afectar la salud.

Cloruros

A continuación en la Figura 28, se muestran los resultados de los análisis de cloruros en cada punto de muestreo.

Los resultados indican que los valores son extremadamente bajos, de acuerdo al límite máximo permisible establecido en la norma INEN 1108, que indica un valor de 250 mg/l para este parámetro.

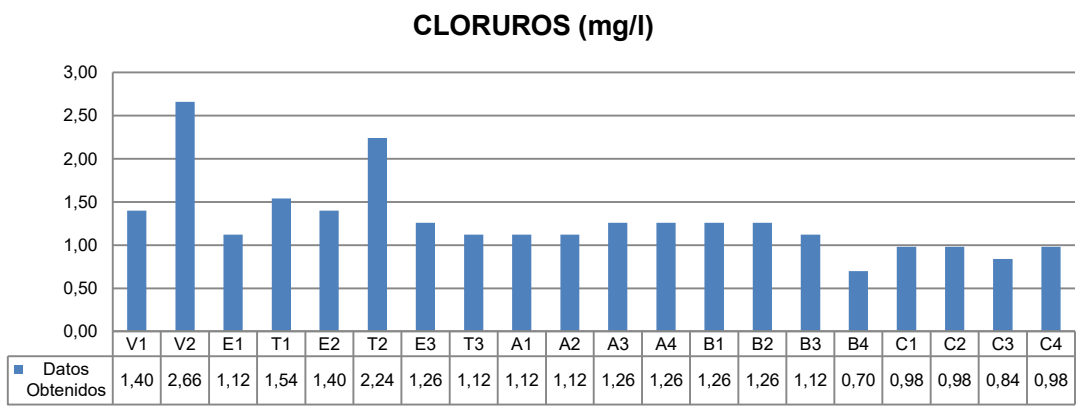


Figura 28. Resultados de los análisis de cloruros

Los resultados indican valores extremadamente bajos, teniendo una variación mínima en los punto V2 y T2, se puede descartar la contaminación del agua por descargas residenciales, agrícolas e intrusión de aguas salinas debido a la estructura del tanque de captación. La presencia de cloruros es común en aguas naturales, concentraciones elevadas de cloruros puede afectar estructuras metálicas.

Cobre

A continuación en la Figura 29, se muestran los resultados de los análisis de cobre en cada punto de muestreo.

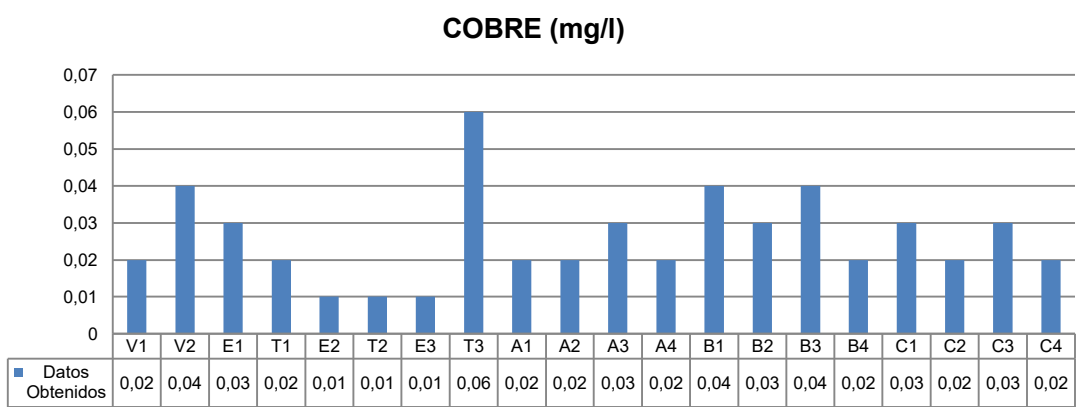


Figura 29. Resultados de los análisis de cobre

Los valores registrados de cobre cumplen con el límite máximo permisible establecido, según la norma INEN 1108, que indica un valor de 2 mg/l y según el TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 2, que indica un valor de 1 mg/l . Debido a que los valores obtenidos son bajos, no representan una peligrosidad significativa para la salud humana.

Los registros obtenidos son constantes en general y no varían significativamente, debido a que las tuberías del sistema de abastecimiento y conducción son de PVC y de hierro galvanizado, razón por la cual las concentraciones de cobre son bajas. Se conoce que la presencia de cobre en el agua puede producir enfermedades estomacales, así como daño a los riñones e hígado.

DQO

El análisis de demanda química de oxígeno es un indicador de contaminación por carga orgánica. Durante los ensayos de análisis de DQO se utilizaron viales de rango bajo puesto que las muestras de agua eran procedentes de agua natural y agua potable.

Los resultados obtenidos fueron negativos, por ello el valor reportado fue menor a 10 mg/l y conforme al rango establecido en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, tabla 2; se cumple en su totalidad el límite máximo permisible. Al obtener valores negativos de carga orgánica en el ensayo se excluye la posibilidad de contaminación de materia orgánica no biodegradable.

La DQO generalmente será mayor que la DBO, debido a que en una muestra de agua existe tanto carga orgánica como inorgánica. Al hacer el análisis de la DQO, se oxida absolutamente todo tanto orgánico como inorgánico, mediante una digestión química fuerte. En la DBO se usan microorganismos para degradar únicamente la materia orgánica, es decir, es una parte de la DQO.

DBO₅

Al registrar valores menores a cero en el análisis de DQO se descartó el ensayo de DBO₅, los valores bajos señalan un reducido grado de contaminación con materia orgánica. Los resultados fueron reportados menores a 2mg/l, cumpliendo con el límite máximo permisible según lo establecido en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, tabla 2.

Dureza Total

A continuación en la Figura 30, se muestran los resultados de los análisis de dureza total en cada punto de muestreo.

Los valores registrados del parámetro dureza total indican que los puntos muestreados se encuentran dentro del límite máximo permisible establecido en el TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 2, que indica un valor de 500 mg/l.

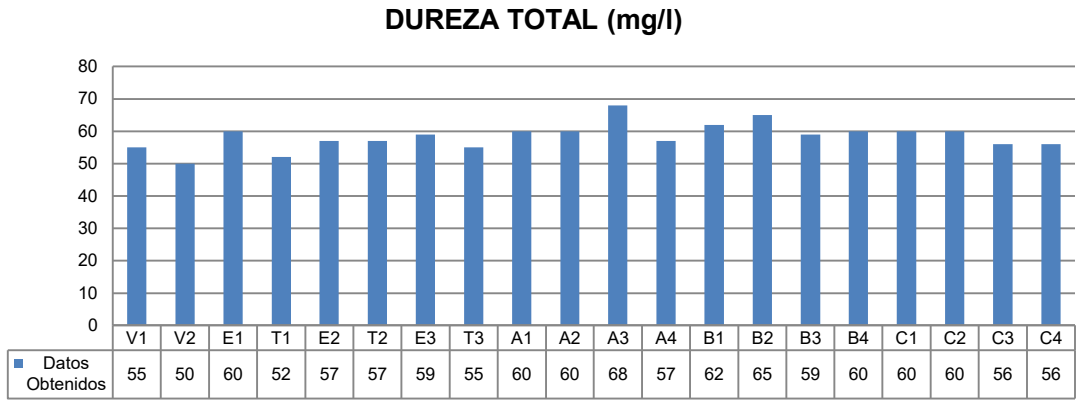


Figura 30. Resultados de los análisis de dureza total

Los valores se encuentran en un rango de 50 – 68 mg/l de CaCO₃, esto señala que el agua analizada es blanda según la Tabla 7. Esto se debe a que el agua no tiene contacto con las formaciones geológicas propias de la zona, que contienen minerales como carbonatos, iones de calcio y magnesio, por ello se reducen las concentraciones de los mismos manteniendo las características del agua en todo el sistema, la concentración de sales disueltas es baja, por lo tanto el agua es considerada apta para el consumo humano. Altas concentraciones de este parámetro tienden a producir incrustaciones originando corrosión en las estructuras metálicas del sistema.

Hierro Total

A continuación en la Figura 31, se muestran los resultados de los análisis de hierro total en cada punto de muestreo.

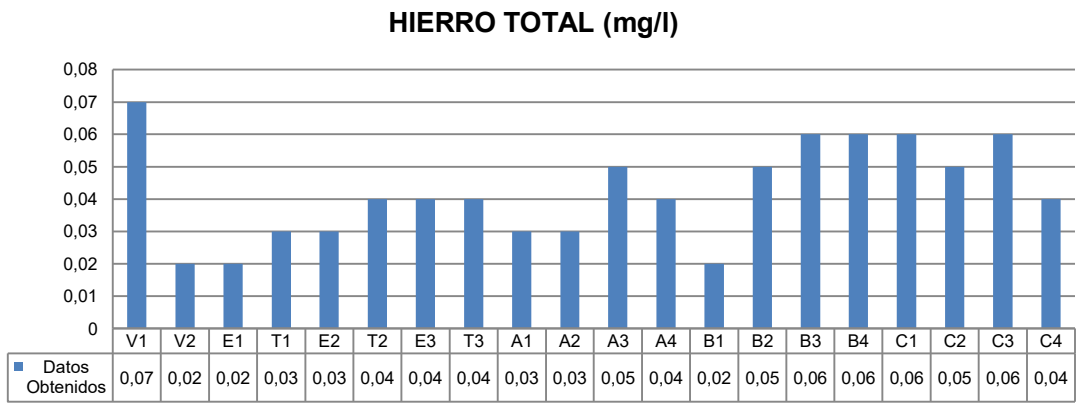


Figura 31. Resultados de los análisis de hierro total

Los valores obtenidos de hierro total se encuentran por debajo de los valores establecidos en la normativa ecuatoriana del TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 2, los cuales indican un límite máximo permisible de 0,3 mg/l.

Los resultados encontrados varían de 0,02 a 0,07, valores sumamente bajos debido a la naturaleza de la zona ya que este metal es un elemento común que se encuentra presente en la corteza terrestre y en pequeñas cantidades en las agua naturales. La presencia de este parámetro en cantidades insignificantes, no representa riesgo para la salud humana.

Nitratos (NO₃)

A continuación en la Figura 32, se muestran los resultados de los análisis de nitratos en cada punto de muestreo.

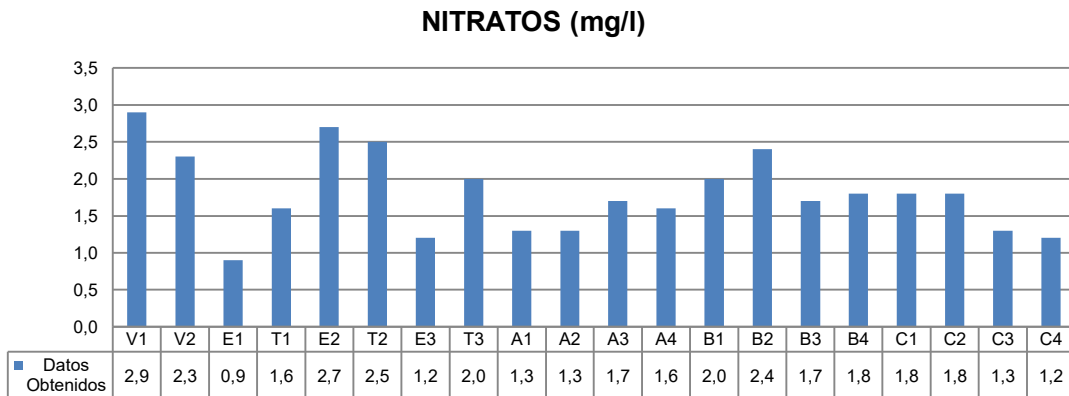


Figura 32. Resultados de los análisis de nitratos

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos para el agua de consumo humano en la normativa ecuatoriana INEN 1108, que establece un valor de 50 mg/l y en el TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 2, que indica un valor máximo de 10 mg/l.

Los valores registrados son bajos, indicando que no existe contaminación proveniente de fertilizantes o actividad ganadera dentro del sistema de abastecimiento. Este componente se encuentra de forma natural en el agua y su incremento se debe a actividades humanas, la presencia de nitratos en altas cantidades puede afectar a la salud humana.

Nitritos (NO₂)

A continuación en la Figura 33, se muestran los resultados de los análisis de nitritos en cada punto de muestreo.

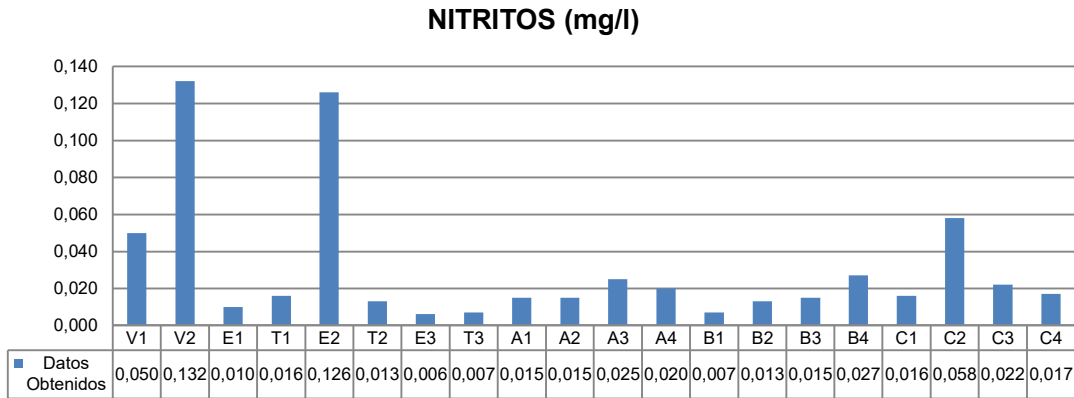


Figura 33. Resultados de los análisis de nitritos

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos para el agua de consumo humano en la normativa ecuatoriana INEN 1108, que establece un valor de 0,2 mg/l y en el TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 2, que indica un valor máximo de 1 mg/l.

A pesar de que los valores no sobrepasan los límites establecidos, se observa una variación notable en los puntos V2 y E2, estos son puntos de agua natural, los cuales son influidos por las características del suelo, por la escorrentía de tierras agrícolas y por la contaminación de desechos tanto humanos como animales.

Oxígeno Disuelto

A continuación en la Figura 34, se muestran los resultados de los análisis de oxígeno disuelto en cada punto de muestreo.

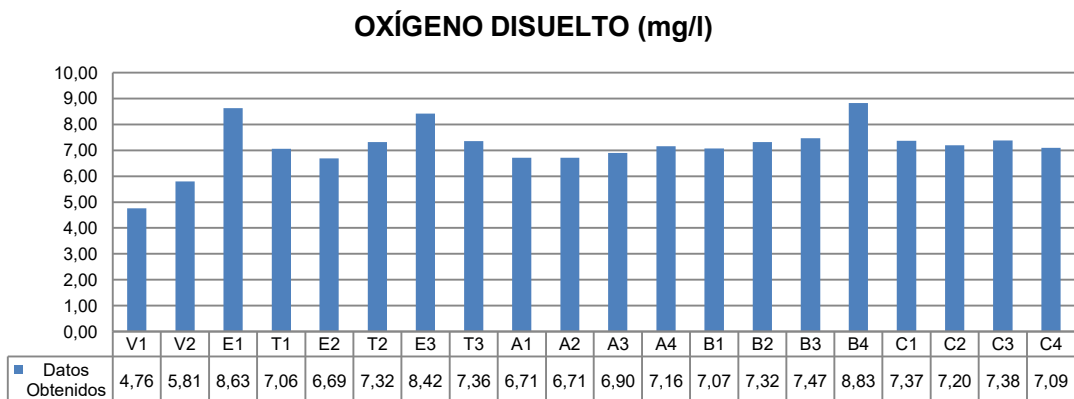


Figura 34. Resultados del análisis de oxígeno disuelto

La normativa ecuatoriana en el TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 2, establece para este parámetro un valor no menor a 6 mg/l.

Se observa en los datos obtenidos que en los puntos V1 y V2, se registran valores menores a los establecidos por las normas, lo cual señala que la oxidación de la materia orgánica por bacterias es mayor que el suministro de oxígeno disuelto. Se debe considerar que en lagos y ríos existe un desequilibrio de los factores biológicos, lo cual causa bajas concentraciones de oxígeno.

El nivel de oxígeno disuelto incrementa en los siguientes puntos, debido a que en el trayecto la turbulencia de la corriente provoca que el oxígeno del aire ingrese en el agua y a los procesos de aireación dentro de las plantas de tratamiento.

pH

A continuación en la Figura 35, se muestran los resultados de los análisis pH en cada punto de muestreo.

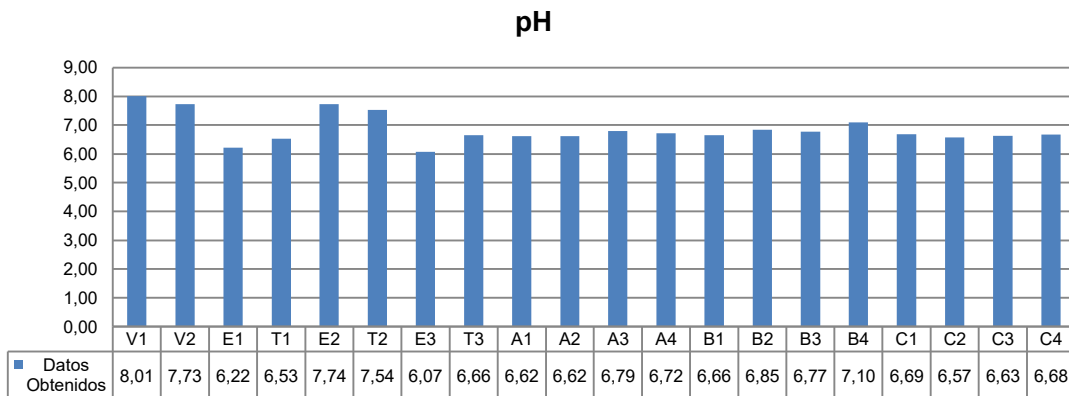


Figura 35. Resultados de los análisis de pH

Los valores registrados se encuentran dentro del límite máximo permisible establecido en el TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 2, que indica un rango entre 6 – 9.

Se observa que los datos obtenidos no varían significativamente en cada uno de los puntos muestreados y representan un valor neutral, lo cual es adecuado para el normal desarrollo de la vida acuática. Además de no presentar problemas de acidez y corrosión que pueden causar daños prematuros en las tuberías o sus accesorios y dando un sabor metálico o amargo al agua, por esto el agua es apta para el consumo humano.

3.2.3. Microbiológicos

Coliformes Totales y Fecales

Este análisis microbiológico, permite determinar contaminación de material fecal.

Durante los ensayos microbiológicos presuntivos no se evidenció un viraje de color en ninguno de los tubos de ensayo, por lo cual el resultado del análisis fue reportado como número más probable (NMP) menor a 2 coliformes en una muestra de 100 ml de agua y conforme al rango establecido en la norma INEN 1108, se cumple en su totalidad el límite máximo permisible. Al obtener tubos negativos en el ensayo presuntivo se excluyó el procedimiento de la prueba confirmativa para coliformes fecales.

Los resultados obtenidos se deben a que el agua analizada son muestras de agua natural que no tiene presencia de contaminación por aguas servidas y muestras de agua potable, por lo que no se espera tener algún resultado positivo. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, (OMS) se recomienda que el agua para consumo humano o agua potable debe presentar ausencia de colonias de coliformes por cada 100 ml (OMS, 2018).

3.3. Evaluación de los resultados obtenidos y comparación con las normas vigentes

Los resultados obtenidos mediante las mediciones *in situ* y los análisis realizados en el laboratorio, fueron comparados tanto con el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente TULSMA, Libro VI, Anexo I, Tabla 2 (Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección) y con la Norma Técnica Ecuatoriana – Agua Potable (INEN 1108: 2011).

Los valores de los análisis físicos, químicos y microbiológicos en su gran mayoría cumplen con los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en las normativas, a excepción del oxígeno disuelto (OD) pertenecientes a la vertiente Curipogyo (V1) y a la válvula de descarga (V2), que presentan valores por debajo de los valores indicados, como ya se evidenció anteriormente en la Figura 34.

A continuación, en la Tabla 9, se presentan los resultados físicos químicos y microbiológicos correspondientes a la captación, válvula de descarga y entrada a las plantas de tratamientos; evaluados con el TULSMA Libro VI Anexo I tabla 2.

Tabla 9. Resultados de análisis físico, químicos y microbiológicos

Parámetro	Unidades	LMP	V1	V2	E1	E2	E3
Cloruros	mg/l	250	1,40	2,66	1,12	1,40	1,26
Cobre	mg/l	1	0,02	0,04	0,03	0,01	0,01
Coliformes Fecales	NMP/100ml	20/100	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1
Coliformes Totales	NMP/100ml	50/100	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1
Conductividad	µS/cm	1500	148,7	152,5	147,5	152,0	152,0
DBO ₅	mg/l	2	<2	<2	<2	<2	<2
DQO	mg/l	400	<10	<10	<10	<10	<10
Dureza Total	mg/l	500	55	50	60	57	59
Hierro Total	mg/l	0,3	0,07	0,02	0,02	0,03	0,04
Nitrato	mg/l	10	2,9	2,3	0,9	2,7	1,2
Nitrito	mg/l	1	0,050	0,132	0,010	0,126	0,006
Oxígeno Disuelto	mg/l	No menor a 6	4,76	5,81	8,63	6,69	8,42
pH	NA	6 - 9	8,01	7,73	6,33	7,74	6,07
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	500	160	156	158	172	161
Sólidos Totales	mg/l	500	168	162	368	174	340
Temperatura	°C	Condiciones naturales +/- 3 grados	12,6	16,9	15,3	16,9	15,5
Turbiedad	NTU	10	0,85	1,61	0,43	1,61	1,61

Mientras que en la Tabla 10, se muestran los resultados físicos, químicos y microbiológicos pertenecientes a los tanques de almacenamiento de las plantas uno, dos, tres y los domicilios de los usuarios; evaluados con la Normativa INEN 1108 y con el TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 2. En la columna tres se indican entre paréntesis, si los LMP fueron tomados del TULSMA o de la Norma INEN 1108.

Tabla 10. Resultados de análisis físico, químicos y microbiológicos

Parámetro	Unidad	LMP	T1	T2	T3	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
Cloro residual	mg/l	0,3 - 1,5 (l)	0,71	0,70	0,69	0,58	0,58	0,46	0,63	0,65	0,68	0,61	0,64	0,60	0,63	0,65	0,66
Cloruros	mg/l	250 (T)	1,54	2,24	1,12	1,12	1,12	1,26	1,26	1,26	1,26	1,12	0,70	0,98	0,98	0,84	0,98
Cobre	mg/l	2,0 (l)	0,02	0,01	0,06	0,02	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,04	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02
Coliformes Totales y Fecales	NMP/100 ml	< 1,1 (l)	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1
Conductividad	µS/cm	1500 (T)	156,6	149,8	150,4	156,5	156,5	159,7	150,0	150,7	150,8	150,0	188,1	149,7	151,1	150,1	150,0
DBO5	mg/l	2 (T)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
DQO	mg/l	400 (T)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Dureza Total	mg/l	500 (T)	52	57	55	60	60	68	57	62	65	59	60	60	60	56	56
Hierro Total	mg/l	0,3 (T)	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,05	0,04	0,02	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,04
Nitrato	mg/l	50 (l)	1,6	2,5	2,0	1,3	1,3	1,7	1,6	2,0	2,4	1,7	1,8	1,8	1,8	1,3	1,2
Nitrito	mg/l	0,2 (l)	0,016	0,013	0,007	0,015	0,015	0,025	0,020	0,007	0,013	0,015	0,027	0,016	0,058	0,022	0,017
Oxígeno Disuelto	mg/l	No menor a 6 mg/l (T)	7,06	7,32	7,36	6,71	6,71	6,90	7,16	7,07	7,32	7,47	8,83	7,37	7,20	7,38	7,09
pH	NA	6 - 9 (T)	6,53	7,54	6,66	6,62	6,62	6,79	6,72	6,66	6,85	6,77	7,10	6,69	6,57	6,63	6,68
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	500 (T)	167	156	162	170	76	60	64	80	80	66	70	70	66	68	70
Sólidos Totales	mg/l	500 (T)	344	172	330	344	168	166	168	174	174	168	172	128	130	172	156
Temperatura	°C	Condiciones naturales +/- 3 grados (T)	16,90	12,80	14,50	15,30	15,30	19,70	16,20	15,40	16,00	15,90	15,00	15,50	16,00	16,00	15,50
Turbiedad	NTU	5 (l)	0,49	0,64	0,43	0,35	0,3	0,30	0,45	0,44	0,65	0,51	0,57	0,25	1,68	0,33	0,32

3.4. Manual de Mantenimiento del Sistema

La obtención del manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable, es el resultado final de la recolección de datos del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo. Su elaboración fue de forma participativa y de manera conjunta con los operarios. Para ello se realizaron charlas con los operadores y el manual fue enviado previamente para su verificación, se ejecutaron diversos recorridos para el reconocimiento del lugar, toma de fotografías, análisis de muestras de la calidad de su agua y se realizó la revisión de varios manuales pertenecientes a diferentes instituciones tanto nacionales como internacionales.

El manual se encuentra ubicado en el anexo VI, aquí se detallaron principalmente las actividades que se deben realizar para operar y mantener adecuadamente las diversas obras que conforman los sistemas de abastecimiento de agua, con la finalidad de prevenir daños a futuro y garantizar la sostenibilidad de los mismos. Con ello, se pretende que el agua abastecida además de ser distribuida de manera ininterrumpida, cumpla con las normas de calidad establecidas en el país, las cuales son: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente, (TULSMA) Libro VI, Anexo1, Tabla 2 (Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico; y la Norma INEN 1108:2011

Se realizó la socialización correspondiente, con las personas a las cuales va dirigida dicho manual, se organizó una reunión en las oficinas de la Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo, en la cual se tuvo la presencia de la presidenta de la Junta la Sra. Germania Aguilar, el secretario Dr. Byron Rojas, los operarios del sistema y algunos habitantes de la parroquia, como se indica en la Figura 36. En dicha reunión se expusieron los resultados obtenidos de los análisis de la calidad del agua potable así como el resultado final del manual de mantenimiento y operación.



Figura 36. Socialización

3.5. Recomendaciones Técnicas

Como se observa con los resultados obtenidos, el agua de la Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo es de excelente calidad y es totalmente apta para el consumo de su población.

Se recomienda:

- En la zona donde se encuentra ubicado el tanque de captación se sugiere asegurar dicha área mediante muros de contención de piedra, concreto, hormigón, cemento o bloque. Los cuales permitan proteger el tanque de desastres naturales, así como el ingreso de animales y personas.
- Establecer un programa de muestreo y análisis de agua frecuente cuya finalidad sea obtener un seguimiento de la calidad de agua captada, desinfectada y distribuida.
- Mediante los planos de distribución de agua, la Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo se debe asegurar realizar los diferentes análisis de calidad de agua en todos los barrios abastecidos por las tres plantas.
- En caso de existir alguna novedad o daño durante las actividades de mantenimiento se recomienda utilizar los registros de mantenimiento preventivo planteados en el manual (anexo VI).
- Realizar mantenimientos preventivos a los componentes del sistema, para así mantener el funcionamiento correcto tanto en la captación, conducción, el almacenamiento y la distribución hacia la comunidad. En el manual propuesto (Anexo VI) se detallan las actividades a realizar y la periodicidad con que se deben ejecutar.
- Los operadores de las plantas de tratamiento deben estar capacitados para resolver cualquier tipo de problema correspondiente con el sistema de distribución y solucionarlo con la mayor brevedad posible.

4. CONCLUSIONES

- Mediante los resultados obtenidos durante el muestreo y los análisis en el laboratorio se determinó que los parámetros cumplen con los límites máximos permisibles establecidos tanto en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, tabla 2 y en la norma INEN 1108.
- Respecto al análisis físico se puede mencionar que los parámetros analizados cumplen con los límites máximos permisibles establecidos tanto en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, tabla 2 y en la norma INEN 1108.
- Correspondiente al análisis químico se concluyó que la concentración de cloro residual se encuentra dentro del rango establecido en la norma INEN 1108 en todos los domicilios muestreados, lo que indica un eficiente sistema de conducción y distribución de agua potable.
- En referencia al análisis microbiológico se excluyó la presencia de coliformes fecales y totales al obtener resultados negativos en la prueba presuntiva cumpliendo con la norma INEN 1108.
- Los resultados obtenidos de Oxígeno Disuelto en la vertiente y en la válvula de descarga se encuentran por debajo de los límites establecidos en las normas, pero después del proceso de aireación el parámetro se encuentra dentro de los límites.
- Los resultados globales indican que el agua presenta una excelente calidad, es relevante la elaboración de un manual de operación y mantenimiento cuya finalidad sea la de mantener y preservar la calidad del agua.

5. RECOMENDACIONES

- Debido a que el agua que proporciona este sistema de distribución es agua para el consumo humano, se deben realizar análisis periódicamente, para verificar que el agua mantenga su buena calidad.
- Realizar mantenimientos preventivos en base a las recomendaciones propuestas en el manual, para así evitar fallos en el sistema de captación, almacenamiento y distribución de la comunidad.
- Realizar capacitaciones por parte de la Junta Administradora de Agua Potable dirigidas hacia los operadores del sistema de abastecimiento, con el objetivo de que desarrollen las habilidades y conocimientos necesarios relacionados con la administración, operación, mantenimiento preventivo de los sistemas y realización de reparaciones en forma oportuna y correcta cuando así el sistema lo requiera.

6. BIBLIOGRAFÍA

- APHA. (2003). *Standard Methods for the Examination of Wastewater*. Washington: 20th edition.
- Avina . (2012). *Operación y Mantenimiento de sistemas de agua potable*. Quito.
- Chaquea, M. Y. (2017). *Análisis físico y químico de la calidad del agua*. Bogotá: Ediciones USTA.
- DIGESA. (2015). *Dirección General de Salud Ambiental*. Recuperado el 30 de Enero de 2019, de Dirección General de Salud Ambiental: http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf
- DINAMA. (2016). *Dirección Nacional del Medio Ambiente*. Recuperado el 30 de Enero de 2019, de Dirección Nacional del Medio Ambiente: http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/docs/pdfs/manual_dinama.pdf
- GAD, T. (27 de Abril de 2015). *Tambillo Gobierno Parroquial*. Recuperado el Septiembre de 2018, de Tambillo Gobierno Parroquial: <http://www.gadtambillo.gob.ec/inicio/index.php/la-parroquia/historia/14-la-parroquia#>
- García, A. (2014). *Sistematización de Experiencias del: "Grupo Pro-Agua sin Arsénico en la Problemática de Contaminación del Agua con Arsénico en la Parroquia de Tumbaco"*. Quito.
- HACH. (2000). *Manual de Análisis de Agua*. Loveland.
- INEC. (28 de Noveimbre de 2010). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Recuperado el Agosto de 2018, de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/>
- INEN. (2011). *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Obtenido de Instituto Ecuatoriano de Normalización: <http://www.normalizacion.gob.ec/>
- JAAPT. (1999). *Protocolización de Sentencias de Concesión del Derecho de Aprovechamiento de Aguas*. Quito.
- León, J. A. (2015). *Calidad de aguas para estudiantes de ciencias ambientales*. Bogotá: Fondo de Publicaciones. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.




- MAE. (2017). *Texto Unificado de Legislación Secundaria*. Quito.
- MIDUVI. (2001). *La Norma Ecuatoriana de la Construcción "NEC"*. Quito: MIDUVI.
- Ojeda, M. (2015). *Tratamiento de agua potable*. Málaga: Elearning.
- OMS. (7 de Febrero de 2018). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el 31 de Enero de 2019, de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- OPS. (2016). *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente*. Obtenido de Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente: http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guia/calde/0gral/078_guia_alcaldes_SB/Guia_alcaldes_2009.pdf
- Pizarro, H. (2005). *Distribución de Agua Potable y Colecta de Desagües y de Agua de Lluvia*. Montreal: Presses inter Polytechnique.
- Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del Agua: evaluación y diagnóstico*. Medellín: Ediciones de la U.
- Rojas, B. (19 de Septiembre de 2018). Información del Sistema de Distribución de Agua Potable de Tambillo. (L. Herrera, Entrevistador)
- Romero, J. A. (2013). *Calidad del Agua*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingenieros.
- SNI. (2015). *Sistema Nacional de Información*. Recuperado el Enero de 2019, de Sistema Nacional de Información: <http://sni.gob.ec/inicio>
- Tejada, J. A. (2015). *Potabilización del agua*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.

7. ANEXOS

ANEXO I: PUNTOS SELECCIONADOS DE MUESTREO

Tabla 11. Puntos seleccionados de muestreo

Lugar	Código	Imagen
Vertiente	V1	
Válvula de descarga	V2	
Planta de tratamiento 1	T1 – E1	

<p>Planta de tratamiento 2</p>	<p>T2 – E2</p>	
<p>Planta de tratamiento 3</p>	<p>T3 – E3</p>	
<p>Domicilios</p>	<p>A1 / A4 B1 / B4 C1 / C4</p>	

ANEXO II: ETIQUETA DE MUESTREO

Tabla 12. Etiqueta de las muestras

Etiqueta de Muestreo	
Análisis a realizar:	Número de muestra:
Fecha de muestreo:	
Hora de muestreo:	
Lugar de muestreo:	
Preservante utilizado:	

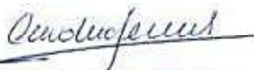
ANEXO III: CERTIFICADOS DE LABORATORIOS UTILIZADOS PARA LA REALIZACIÓN DE ANÁLISIS

Quito, 14 de marzo del 2019

A quien corresponda:

Mediante la presente, certifico que los estudiantes KARINA MISHEL QUISAGUANO SIGCHA con CI 1720202199 y LUIS MIGUEL HERRERA ACARO con CI 1724103245, de la Carrera de Tecnología en Agua y Saneamiento Ambiental realizaron los análisis respectivos a su proyecto de titulación "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y CONDUCCIÓN DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE TAMBILLO" en el Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental, durante los meses de octubre a diciembre de 2018.

Atentamente



Ing. Carolina Lemus

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DOCENTE DE INGENIERÍA AMBIENTAL



CERTIFICADO



Yo, Greta Carola Fierro Naranjo, director (E) del Centro de Investigación y Control Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional ubicada en Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía.

CERTIFICA que los análisis físicoquímicos las muestras correspondientes al proyecto "Evaluación de la calidad del agua del sistema de abastecimiento y conducción de la Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo" fueron realizados en las instalaciones del Centro de Investigación y Control Ambiental. A continuación se detalla los códigos de los informes generados:

CÓDIGOS DE LOS INFORMES	
IRS 79-788	IRS 79-859
IRS 79-789	IRS 79-860
IRS 79-790	IRS 79-861
IRS 79-791	IRS 79-862
IRS 79-820	IRS 79-885
IRS 79-821	IRS 79-886
IRS 79-822	IRS 79-887
IRS 79-823	IRS 79-888
IRS 79-824	IRS 79-889
IRS 79-858	IRS 79-890



Director (E) del
Centro de Investigación y Control Ambiental

ANEXO IV: CÓDIGOS DEL LABORATORIO PARA PUNTOS DE MUESTREO

Tabla 13. Códigos asignados por el CICAM correspondientes a los puntos de muestreo

Código CICAM	Puntos de muestreo	Código proyecto
MI-18-788	Vertiente	V1
MI-18-789	Válvula de descarga	V2
MI-18-790	Tanque de almacenamiento Planta 2	T2
MI-18-791	Entrada al tanque de almacenamiento Planta 2	E2
MI-18-820	Entrada al tanque de almacenamiento Planta 3	T3
MI-18-821	Tanque de almacenamiento Planta 3	E3
MI-18-822	Entrada al tanque de almacenamiento Planta 1	T1
MI-18-823	Tanque de almacenamiento Planta 1	E1
MI-18-824	Domicilios	A1 – A4 B1 – B4 C1 – C4
MI-18-858		
MI-18-859		
MI-18-860		
MI-18-861		
MI-18-862		
MI-18-885		
MI-18-886		
MI-18-887		
MI-18-888		
MI-18-889		
MI-18-890		

ANEXO V: INFORMES DE RESULTADOS DEL CICAM



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**
Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn
Quito – Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 10 de octubre de 2018

DATOS DE CLIENTE	No. IR118-788
Solicitado por: KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA	Ref. ST18-263
Atención:	
Dirección: Cochapamba Norte	Teléfono: 2278358
Identificación de la muestra: Punto 1	Origen/lugar de muestreo: agua natural
Fecha de recolección: 2018-10-02	Tipo de muestra: Agua natural y agua potable
Responsable del muestreo: Cliente	Tipo de envase: Plástico
	Llegó refrigerada: Si
	Se utilizó preservante: Si: ácido sulfúrico y tiosulfato

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: **MI-18- 788**
Fecha de ingreso al Laboratorio: **2018-10-03**

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANALISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Coliformes fecales	<i>NMP/100mL</i>	<1,1	2018-10-05	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Coliformes totales	<i>NMP/100mL</i>	<1,1	2018-10-03	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	<i>mg/L</i>	<2	2018-10-04	PE-06/ SM Ed 23, 2017, 5210 B/ Volumetría
^(*) Demanda química de oxígeno, DQO	<i>mg/L</i>	<10	2018-10-03	PE-01/ SM Ed 23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
^(*) Sólidos totales	<i>mg/L</i>	168	2018-10-04	PE-34/ SM Ed 23, 2017, 2540 B/ Gravimétrico
^(*) Sólidos totales disueltos	<i>mg/L</i>	160	2018-10-04	PE-35/ SM Ed 23, 2017, 2540 C/ Gravimétrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO
^(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012
Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por:
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por:
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**
Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn
Quito – Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 10 de octubre de 2018

DATOS DE CLIENTE	No. IR118-789
Solicitado por: KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA	Ref. ST18-263
Atención:	
Dirección: Cochapamba Norte	Teléfono: 2278358
Identificación de la muestra: Punto 2	Origen/lugar de muestreo: agua natural
Fecha de recolección: 2018-10-02	Tipo de muestra: Agua natural y agua potable
Responsable del muestreo: Cliente	Tipo de envase: Plástico
	Llegó refrigerada: Si
	Se utilizó preservante: Si: ácido sulfúrico y tiosulfato

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: **MI-18- 789**
Fecha de ingreso al Laboratorio: **2018-10-03**

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANALISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Coliformes fecales	<i>NMP/100mL</i>	<1,1	2018-10-05	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Coliformes totales	<i>NMP/100mL</i>	<1,1	2018-10-03	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	<i>mg/L</i>	<2	2018-10-04	PE-06/ SM Ed 23, 2017, 5210 B/ Volumetría
^(*) Demanda química de oxígeno, DQO	<i>mg/L</i>	<10	2018-10-03	PE-01/ SM Ed 23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
^(*) Sólidos totales	<i>mg/L</i>	162	2018-10-04	PE-34/ SM Ed 23, 2017, 2540 B/ Gravimétrico
^(*) Sólidos totales disueltos	<i>mg/L</i>	156	2018-10-04	PE-35/ SM Ed 23, 2017, 2540 C/ Gravimétrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO
^(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012
Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por:
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por:
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACION Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 10 de octubre de 2018

DATOS DE CLIENTE

Solicitado por: KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA
Atención:
Dirección: Cochapamba Norte
Identificación de la muestra: Punto 4
Fecha de recolección: 2018-10-02
Responsable del muestreo: Cliente

No. IR118-790
Ref. ST18-263

Teléfono: 2278358
Origen/lugar de muestreo: agua natural
Tipo de muestra: Agua natural y agua potable
Tipo de envase: Plástico
Llegó refrigerada: Si
Se utilizó preservante: Si: ácido sulfúrico y tiosulfato

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: MI-18- 790
Fecha de ingreso al Laboratorio: 2018-10-03

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
(*) Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,1	2018-10-05	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 II/ Fermentación en Tubos múltiples
(*) Coliformes totales	NMP/100mL	<1,1	2018-10-03	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 II/ Fermentación en Tubos múltiples
(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	<2	2018-10-04	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 II/ Volumétrica
(*) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	<10	2018-10-03	PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
(*) Sólidos totales	mg/L	172	2018-10-04	PE-34/ SM Ed.23, 2017, 2540 II / Gravimétrico
(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	156	2018-10-04	PE-35/ SM Ed.23, 2017, 2540 C / Gravimétrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACION Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 10 de octubre de 2018

DATOS DE CLIENTE

Solicitado por: KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA
Atención:
Dirección: Cochapamba Norte
Identificación de la muestra: Punto 3
Fecha de recolección: 2018-10-02
Responsable del muestreo: Cliente

No. IR118-791
Ref. ST18-263

Teléfono: 2278358
Origen/lugar de muestreo: agua potable
Tipo de muestra: Agua natural y agua potable
Tipo de envase: Plástico
Llegó refrigerada: Si
Se utilizó preservante: Si: ácido sulfúrico y tiosulfato

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: MI-18- 791
Fecha de ingreso al Laboratorio: 2018-10-03

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
(*) Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,1	2018-10-05	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 II/ Fermentación en Tubos múltiples
(*) Coliformes totales	NMP/100mL	<1,1	2018-10-03	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 II/ Fermentación en Tubos múltiples
(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	<2	2018-10-04	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 II/ Volumétrica
(*) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	<10	2018-10-03	PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
(*) Sólidos totales	mg/L	174	2018-10-04	PE-34/ SM Ed.23, 2017, 2540 II / Gravimétrico
(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	172	2018-10-04	PE-35/ SM Ed.23, 2017, 2540 C / Gravimétrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext. 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 08 de noviembre de 2018

DATOS DE CLIENTE

Solicitado por: **KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA**
Atención:
Dirección: **Cochapamba Norte**
Identificación de la muestra: **Punto 5**
Fecha de recolección: **2018-10-29**
Responsable del muestreo: **Cliente**

**No. IRI18-820
Ref. ST18-278**

Teléfono: **2278358**
Origen/lugar de muestreo: **agua natural**
Tipo de muestra: **Agua natural y agua potable**
Tipo de envase: **Plástico**
Llegó refrigerada: **SI**
Se utilizó preservante: **SI: ácido sulfúrico y tiosulfato**

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: **MI-18-820**
Fecha de ingreso al Laboratorio: **2018-10-29**

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-07	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Coliformes totales	NMP/100mL	<1,1	2018-05-05	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	<2	2018-05-05	PE-06/ SM Ed 23, 2017, 5210 B/ Volumétrica
^(*) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	<10	2018-05-05	PE-01/ SM Ed 23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
^(*) Sólidos totales	mg/L	340	2018-11-08	PE-34/ SM Ed 23, 2017, 2540 B / Gravimétrico
^(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	161	2018-11-08	PE-35/ SM Ed 23, 2017, 2540 C / Gravimétrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

^(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext. 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 08 de noviembre de 2018

DATOS DE CLIENTE

Solicitado por: **KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA**
Atención:
Dirección: **Cochapamba Norte**
Identificación de la muestra: **Punto 7**
Fecha de recolección: **2018-10-29**
Responsable del muestreo: **Cliente**

**No. IRI18-821
Ref. ST18-278**

Teléfono: **2278358**
Origen/lugar de muestreo: **agua natural**
Tipo de muestra: **Agua natural y agua potable**
Tipo de envase: **Plástico**
Llegó refrigerada: **SI**
Se utilizó preservante: **SI: ácido sulfúrico y tiosulfato**

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: **MI-18-821**
Fecha de ingreso al Laboratorio: **2018-10-29**

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-07	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Coliformes totales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-05	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	<2	2018-11-05	PE-06/ SM Ed 23, 2017, 5210 B/ Volumétrica
^(*) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	<10	2018-11-05	PE-01/ SM Ed 23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
^(*) Sólidos totales	mg/L	330	2018-11-08	PE-34/ SM Ed 23, 2017, 2540 B / Gravimétrico
^(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	162	2018-11-08	PE-35/ SM Ed 23, 2017, 2540 C / Gravimétrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

^(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACION Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 08 de noviembre de 2018

DATOS DE CLIENTE	No. IR118-822
Solicitado por: KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA	Ref. ST18-278
Atención:	
Dirección: Cochapamba Norte	Teléfono: 2278358
Identificación de la muestra: Punto 6	Origen/lugar de muestreo: agua potable
Fecha de recolección: 2018-10-29	Tipo de muestra: Agua natural y agua potable
Responsable del muestreo: Cliente	Tipo de envase: Plástico
	Llegó refrigerada: Si
	Se utilizó preservante: Si: ácido sulfúrico y tiosulfato

LABORATORIO
Número de ingreso al laboratorio: MI-18- 822
Fecha de ingreso al Laboratorio: 2018-10-29

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Coliformes fecales	NMP/100ml.	<1,1	2018-11-07	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Coliformes totales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-05	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	<2	2018-11-05	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría
^(*) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	<10	2018-11-05	PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
^(*) Sólidos totales	mg/L	368	2018-11-08	PE-34/ SA1 Ed.23, 2017, 2540 B / Gravimétrico
^(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	158	2018-11-08	PE-35/ SM Ed.23, 2017, 2540 C / Gravimétrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO
^(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012
Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: Jairo Jimpijit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACION Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 08 de noviembre de 2018

DATOS DE CLIENTE	No. IR118-823
Solicitado por: KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA	Ref. ST18-278
Atención:	
Dirección: Cochapamba Norte	Teléfono: 2278358
Identificación de la muestra: Punto 8	Origen/lugar de muestreo: agua potable
Fecha de recolección: 2018-10-29	Tipo de muestra: Agua natural y agua potable
Responsable del muestreo: Cliente	Tipo de envase: Plástico
	Llegó refrigerada: Si
	Se utilizó preservante: Si: ácido sulfúrico y tiosulfato

LABORATORIO
Número de ingreso al laboratorio: MI-18- 823
Fecha de ingreso al Laboratorio: 2018-10-29

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-07	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Coliformes totales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-05	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	<2	2018-11-05	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría
^(*) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	<10	2018-11-05	PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
^(*) Sólidos totales	mg/L	344	2018-11-08	PE-34/ SM Ed.23, 2017, 2540 B / Gravimétrico
^(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	167	2018-11-08	PE-35/ SM Ed.23, 2017, 2540 C / Gravimétrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO
^(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012
Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: Jairo Jimpijit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 08 de noviembre de 2018

DATOS DE CLIENTE

Solicitado por: **KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA**
Atención:
Dirección: Cochapamba Norte
Identificación de la muestra: Punto 9
Fecha de recolección: 2018-10-29
Responsable del muestreo: Cliente

No. IRI18-824
Ref. ST18-278

Teléfono: 2278358
Origen/lugar de muestreo: agua potable
Tipo de muestra: Agua natural y agua potable
Tipo de envase: Plástico
Llegó refrigerada: Si
Se utilizó preservante: Si: ácido sulfúrico y tiosulfato

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: MI-18- 824
Fecha de ingreso al Laboratorio: 2018-10-29

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-08	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Coliformes totales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-05	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	<2	2018-11-05	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría
^(*) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	<10	2018-11-05	PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
^(*) Sólidos totales	mg/L	344	2018-11-08	PE-34/ SM Ed.23, 2017, 2540 B / Gravimétrico
^(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	170	2018-11-08	PE-35/ SM Ed.23, 2017, 2540 C / Gravimétrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

^(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012
Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 23 de noviembre de 2018

DATOS DE CLIENTE

Solicitado por: **KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA**
Atención:
Dirección: Cochapamba Norte
Identificación de la muestra: Punto 1
Fecha de recolección: 2018-11-12
Responsable del muestreo: Cliente

No. IRI18-858
Ref. ST18-278

Teléfono: 2278358
Origen/lugar de muestreo: agua potable
Tipo de muestra: Agua potable
Tipo de envase: Plástico
Llegó refrigerada: No
Se utilizó preservante: Si: ácido sulfúrico y tiosulfato

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: MI-18- 858
Fecha de ingreso al Laboratorio: 2018-11-12

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-15	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Coliformes totales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-13	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	<2	2018-11-14	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría
^(*) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	<10	2018-11-13	PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
^(*) Sólidos totales	mg/L	168	2018-11-23	PE-34/ SM Ed.23, 2017, 2540 B / Gravimétrico
^(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	76	2018-11-23	PE-35/ SM Ed.23, 2017, 2540 C / Gravimétrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

^(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012
Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACION Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 23 de noviembre de 2018

DATOS DE CLIENTE

Solicitado por: **KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA**
Atención:
Dirección: **Cochapamba Norte**
Identificación de la muestra: **Punto 2**
Fecha de recolección: **2018-11-12**
Responsable del muestreo: **Cliente**

No. IR118-859

Ref. ST18-278

Teléfono: **2278358**

Origen/lugar de muestreo: **Agua potable**

Tipo de muestra: **Agua potable**

Tipo de envase: **Plástico**

Llegó refrigerada: **No**

Se utilizó preservante: **Si: ácido sulfúrico y tiosulfato**

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: **MI-18-859**

Fecha de ingreso al Laboratorio: **2018-11-12**

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-15	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Coliformes totales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-13	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	<2	2018-11-14	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría
^(*) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	<10	2018-11-13	PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
^(*) Sólidos totales	mg/L	166	2018-11-23	PE-34/ SM Ed.23, 2017, 2540 B/ Gravimétrico
^(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	60	2018-11-23	PE-35/ SM Ed.23, 2017, 2540 C/ Gravimétrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

^(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012
Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: *Jairo Jimpiet*
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: *Carola Fierro*
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACION Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 23 de noviembre de 2018

DATOS DE CLIENTE

Solicitado por: **KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA**
Atención:
Dirección: **Cochapamba Norte**
Identificación de la muestra: **Punto 3**
Fecha de recolección: **2018-11-12**
Responsable del muestreo: **Cliente**

No. IR118-860

Ref. ST18-278

Teléfono: **2278358**

Origen/lugar de muestreo: **agua potable**

Tipo de muestra: **Agua potable**

Tipo de envase: **Plástico**

Llegó refrigerada: **No**

Se utilizó preservante: **Si: ácido sulfúrico y tiosulfato**

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: **MI-18-860**

Fecha de ingreso al Laboratorio: **2018-11-12**

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-15	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Coliformes totales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-13	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	<2	2018-11-14	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría
^(*) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	<10	2018-11-13	PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
^(*) Sólidos totales	mg/L	168	2018-11-23	PE-34/ SM Ed.23, 2017, 2540 B/ Gravimétrico
^(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	64	2018-11-23	PE-35/ SM Ed.23, 2017, 2540 C/ Gravimétrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

^(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012
Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: *Jairo Jimpiet*
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: *Carola Fierro*
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACION Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 23 de noviembre de 2018

DATOS DE CLIENTE

Solicitado por: **KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA**
Atención:
Dirección: **Cochapamba Norte**
Identificación de la muestra: **Punto 4**
Fecha de recolección: **2018-11-12**
Responsable del muestreo: **Cliente**

No. IR118-861

Ref. ST18-278

Teléfono: **2278358**

Origen/lugar de muestreo: **agua potable**

Tipo de muestra: **Agua potable**

Tipo de envase: **Plástico**

Llegó refrigerada: **No**

Se utilizó preservante: **Si: ácido sulfúrico y tiosulfato**

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: **MI-18- 861**

Fecha de ingreso al Laboratorio: **2018-11-12**

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-15	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Coliformes totales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-13	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	<2	2018-11-14	PE-06/ SM Ed 23, 2017, 5210 B/ Volumetría
^(*) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	<10	2018-11-13	PE-01/ SM Ed 23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
^(*) Sólidos totales	mg/L	174	2018-11-23	PE-34/ SM Ed 23, 2017, 2540 B / Gravimétrico
^(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	80	2018-11-23	PE-35/ SM Ed 23, 2017, 2540 C / Gravimétrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO


^(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACION Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 23 de noviembre de 2018

DATOS DE CLIENTE

Solicitado por: **KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA**
Atención:
Dirección: **Cochapamba Norte**
Identificación de la muestra: **Punto 5**
Fecha de recolección: **2018-11-12**
Responsable del muestreo: **Cliente**

No. IR118-862

Ref. ST18-278

Teléfono: **2278358**

Origen/lugar de muestreo: **agua potable**

Tipo de muestra: **Agua potable**

Tipo de envase: **Plástico**

Llegó refrigerada: **No**

Se utilizó preservante: **Si: ácido sulfúrico y tiosulfato**

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: **MI-18- 862**

Fecha de ingreso al Laboratorio: **2018-11-12**

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-15	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Coliformes totales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-13	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	<2	2018-11-14	PE-06/ SM Ed 23, 2017, 5210 B/ Volumetría
^(*) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	<10	2018-11-13	PE-01/ SM Ed 23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
^(*) Sólidos totales	mg/L	174	2018-11-23	PE-34/ SM Ed 23, 2017, 2540 B / Gravimétrico
^(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	80	2018-11-23	PE-35/ SM Ed 23, 2017, 2540 C / Gravimétrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

^(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACION Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 28 de noviembre de 2018

DATOS DE CLIENTE	No. IR118-885
Solicitado por: KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA	Ref. ST18-278
Atención:	
Dirección: Cochapamba Norte	Teléfono: 2278358
Identificación de la muestra: Punto 5	Origen/lugar de muestreo: agua natural
Fecha de recolección: 2018-11-19	Tipo de muestra: Agua potable
Responsable del muestreo: Cliente	Tipo de envase: Plástico
	Llegó refrigerada: Si
	Se utilizó preservante: Si: ácido sulfúrico y tiosulfato

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: **MI-18- 885**
Fecha de ingreso al Laboratorio: **2018-11-19**

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-21	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Coliformes totales	NMP/100mL	1,1	2018-11-19	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	<2	2018-11-20	PE-00/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría
^(*) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	<10	2018-11-19	PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
^(*) Sólidos totales	mg/L	168	2018-11-28	PE-34/ SM Ed.23, 2017, 2540 B / Gravimétrico
^(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	66	2018-11-28	PE-35/ SM Ed.23, 2017, 2540 C / Gravimétrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

^(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012
Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: *Jairo Jimpikit*
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: *Carola Fierro*
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACION Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 28 de noviembre de 2018

DATOS DE CLIENTE	No. IR118-886
Solicitado por: KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA	Ref. ST18-278
Atención:	
Dirección: Cochapamba Norte	Teléfono: 2278358
Identificación de la muestra: Punto 7	Origen/lugar de muestreo: agua natural
Fecha de recolección: 2018-11-19	Tipo de muestra: Agua potable
Responsable del muestreo: Cliente	Tipo de envase: Plástico
	Llegó refrigerada: Si
	Se utilizó preservante: Si: ácido sulfúrico y tiosulfato

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: **MI-18- 886**
Fecha de ingreso al Laboratorio: **2018-11-19**

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-21	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Coliformes totales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-19	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	<2	2018-11-20	PE-00/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría
^(*) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	<10	2018-11-19	PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
^(*) Sólidos totales	mg/L	172	2018-11-28	PE-34/ SM Ed.23, 2017, 2540 B / Gravimétrico
^(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	70	2018-11-28	PE-35/ SM Ed.23, 2017, 2540 C / Gravimétrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

^(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012
Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: *Jairo Jimpikit*
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: *Carola Fierro*
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACION Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 28 de noviembre de 2018

DATOS DE CLIENTE

Solicitado por: **KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA**
Atención:
Dirección: **Cochapamba Norte**
Identificación de la muestra: **Punto 6**
Fecha de recolección: **2018-11-19**
Responsable del muestreo: **Cliente**

No. **IR118-887**
Ref. **ST18-278**

Teléfono: **2278358**
Origen/lugar de muestreo: **agua potable**
Tipo de muestra: **Agua potable**
Tipo de envase: **Plástico**
Llegó refrigerada: **Si**
Se utilizó preservante: **Si: ácido sulfúrico y tiosulfato**

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: **MI-18- 887**
Fecha de ingreso al Laboratorio: **2018-11-19**

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-21	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Coliformes totales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-19	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	<2	2018-11-20	PE-06/ SM Ed 23, 2017, 5210 B/ Volumetría
^(*) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	<10	2018-11-19	PE-01/ SM Ed 23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
^(*) Sólidos totales	mg/L	128	2018-11-28	PE-34/ SM Ed 23, 2017, 2540 B / Gravimétrico
^(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	70	2018-11-28	PE-35/ SM Ed 23, 2017, 2540 C / Gravimétrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO
^(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012
Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por:
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por:
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACION Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 28 de noviembre de 2018

DATOS DE CLIENTE

Solicitado por: **KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA**
Atención:
Dirección: **Cochapamba Norte**
Identificación de la muestra: **Punto 8**
Fecha de recolección: **2018-11-19**
Responsable del muestreo: **Cliente**

No. **IR118-888**
Ref. **ST18-278**

Teléfono: **2278358**
Origen/lugar de muestreo: **agua potable**
Tipo de muestra: **Agua potable**
Tipo de envase: **Plástico**
Llegó refrigerada: **Si**
Se utilizó preservante: **Si: ácido sulfúrico y tiosulfato**

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: **MI-18- 888**
Fecha de ingreso al Laboratorio: **2018-11-19**

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-21	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Coliformes totales	NMP/100mL	<1,1	2018-11-19	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	<2	2018-11-20	PE-06/ SM Ed 23, 2017, 5210 B/ Volumetría
^(*) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	<10	2018-11-19	PE-01/ SM Ed 23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
^(*) Sólidos totales	mg/L	130	2018-11-28	PE-34/ SM Ed 23, 2017, 2540 B / Gravimétrico
^(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	66	2018-11-28	PE-35/ SM Ed 23, 2017, 2540 C / Gravimétrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO
^(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012
Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por:
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por:
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 28 de noviembre de 2018

DATOS DE CLIENTE	No. IR118-889
Solicitado por: KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA	Ref. ST18-278
Atención:	
Dirección: Cochapamba Norte	Teléfono: 2278358
Identificación de la muestra: Punto 9	Origen/lugar de muestreo: agua potable
Fecha de recolección: 2018-11-19	Tipo de muestra: Agua potable
Responsable del muestreo: Cliente	Tipo de envase: Plástico
	Llegó refrigerada: Sí
	Se utilizó preservante: Sí: ácido sulfúrico y tiosulfato

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: **MI-18- 889**
Fecha de ingreso al Laboratorio: **2018-11-19**

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Coliformes fecales	<i>NMP/100mL</i>	<1,1	2018-11-21	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Coliformes totales	<i>NMP/100mL</i>	<1,1	2018-11-19	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	<i>mg/L</i>	<2	2018-11-20	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría
^(*) Demanda química de oxígeno, DQO	<i>mg/L</i>	<10	2018-11-19	PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
^(*) Sólidos totales	<i>mg/L</i>	172	2018-11-28	PE-34/ SM Ed.23, 2017, 2540 B / Gravimétrico
^(*) Sólidos totales disueltos	<i>mg/L</i>	68	2018-11-28	PE-35/ SM Ed.23, 2017, 2540 C / Gravimétrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

^(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012
Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 28 de noviembre de 2018

DATOS DE CLIENTE	No. IR118-890
Solicitado por: KARINA QUISAGUANO y LUIS HERRERA	Ref. ST18-278
Atención:	
Dirección: Cochapamba Norte	Teléfono: 2278358
Identificación de la muestra: Punto 9	Origen/lugar de muestreo: agua potable
Fecha de recolección: 2018-11-19	Tipo de muestra: Agua potable
Responsable del muestreo: Cliente	Tipo de envase: Plástico
	Llegó refrigerada: Sí
	Se utilizó preservante: Sí: ácido sulfúrico y tiosulfato

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: **MI-18- 890**
Fecha de ingreso al Laboratorio: **2018-11-19**

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Coliformes fecales	<i>NMP/100mL</i>	<1,1	2018-11-21	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Coliformes totales	<i>NMP/100mL</i>	<1,1	2018-11-19	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
^(*) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	<i>mg/L</i>	<2	2018-11-20	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría
^(*) Demanda química de oxígeno, DQO	<i>mg/L</i>	<10	2018-11-19	PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
^(*) Sólidos totales	<i>mg/L</i>	156	2018-11-28	PE-34/ SM Ed.23, 2017, 2540 B / Gravimétrico
^(*) Sólidos totales disueltos	<i>mg/L</i>	70	2018-11-28	PE-35/ SM Ed.23, 2017, 2540 C / Gravimétrico


NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

^(*) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012
Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO

ANEXO VI: PLAN DE MUESTREO Y MANUAL DE MANTENIMIENTO

**PLAN DE MUESTREO PARA LA VERIFICACIÓN DE
PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y
MICROBIOLÓGICOS ESTABLECIDOS PARA LA
DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE LA JUNTA
ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE
TAMBILLO**



DESARROLLADO POR:

LUIS HERRERA

KARINA QUISAGUANO

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	2
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. General.....	2
2.2. Específicos	2
3. ALCANCE.....	2
4. DEFINICIONES	3
5. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	4
5.1. Principio Teórico	4
5.2. Provisiones del muestreo.....	4
5.2.1. Logística	4
5.2.2. Muestreo.....	4
5.3. Toma de muestras de agua	5
5.3.1. Características Ambientales	5
5.3.2. Selección de los puntos para la recolección de muestras	5
5.3.3. Identificación de las muestras	5
5.3.4. Toma de muestras.....	6
5.3.5. Preservación de las muestras	6
5.3.6. Transporte y entrega de las muestras al laboratorio	7
6. INFORMACIÓN DE LOS PARÁMETROS A RECOLECTAR	8
7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	8
8. BIBLIOGRAFÍA.....	9

1. INTRODUCCIÓN

El propósito de un programa de muestreo es realizar un análisis de agua que nos permita evaluar las propiedades de una matriz (agua natural superficial, subterránea, agua residual doméstica, industrial, agua tratada, agua marina), cuyos resultados deben ser confiables y adecuados al propósito para el cual fueron solicitados. 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 (INEN, 2011).

Para un apropiado procedimiento de muestreo se deben tener en cuenta ciertos aspectos o criterios con el fin de 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 (INEN, 2011).

2. OBJETIVOS

2.1. General

Realizar un muestreo en campo, para obtener diferentes muestras representativas que permitan dar a conocer el estado de la calidad del agua y así determinar su composición física, química y microbiológica.

2.2. Específicos

- Conocer el estado del agua en la vertiente Curipogyo, lugar en donde se lleva a cabo la captación del agua.
- Diagnosticar la calidad del agua en las tres plantas de potabilización.
- Analizar el estado del agua en las residencias de los moradores que consumen el agua potable proveniente de la vertiente Curipogyo.

3. ALCANCE

El presente instructivo va dirigido para los representantes de la Junta Administradora de Agua Potable "Tambillo". Los análisis a realizarse tienen el objetivo de determinar los

parámetros que no cumplan con los límites máximos permisibles según la Normativa Ecuatoriana INEN 1108 y con el Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA), Libro VI, Anexo 1; los mismos que serán analizados en los diferentes puntos ya establecidos.

4. DEFINICIONES

Muestra

Es una porción de una matriz ambiental o de fuente que se selecciona de acuerdo con un procedimiento pre-escrito según el caso, para determinar las características de la matriz (INEN, 2011).

Muestreador

Persona encargada de la recolección, etiquetado, almacenamiento y transporte de las muestras de agua (Barreto, 2010).

Muestreo

Procedimiento definido por medio del cual se toma una parte de sustancia, material o producto a fin de proporcionar ensayo o calibración de una muestra representativa del conjunto (Roldán, 2003).

Muestra simple o puntual

Muestra recolectada en un lugar y tiempo específico y que refleja las circunstancias particulares bajo las cuales se hizo la recolección (Roldán, 2003).

Custodia

Posesión o control físico. Una muestra está bajo custodia si está en posesión o bajo control, de modo que se evite la manipulación indebida o alteraciones de sus características (Barreto, 2010).

Matriz

Fracción de una cantidad mayor de un material, obtenida para que represente y proporcione información del mismo (Roldán, 2003).

5. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

5.1. Principio Teórico

El 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 (INEN, 2011).

5.2. Provisiones del muestreo

5.2.1. Logística

- GPS
- Marcadores de tinta permanente
- Cámara digital
- Libreta de anotaciones
- Cuerda
- Recipiente aforado (balde)

5.2.2. Muestreo

- Equipos de medición *in situ* para los siguientes parámetros: pH, oxígeno disuelto, conductividad, cloro residual y temperatura.
- Coolers
- Hielo
- Preservantes
- Pissetas con agua destilada
- Etiquetas adhesivas
- Papel toalla
- Guantes de nitrilo
- Mandil

5.3. Toma de muestras de agua

5.3.1. Características Ambientales

Después de concretar el objetivo de estudio, se debe conseguir el mayor número de información posible de la matriz, por medio de esto se llega a caracterizar el área de estudio (Roldán, 2003), obteniendo información básica. Por ejemplo:

- Información sobre la vegetación e hidrografía de la zona
- Actividades en las áreas a muestrear (agricultura, ganadería, industrial)
- Datos climatológicos

5.3.2. Selección de los puntos para la recolección de muestras

El muestreo se debe llevar a cabo en puntos estratégicos, para lo cual se propone realizar en las siguientes locaciones:

- **Punto 1:** Vertiente Curipogyo (captación).
- **Punto 2:** Válvula de descarga (cercana a la captación)
- **Punto 3:** Entradas de agua a las plantas de tratamiento unos, dos y tres.
- **Punto 4:** Tanques de almacenamiento de las plantas de tratamiento unos, dos y tres.
- **Punto 5:** Viviendas abastecidas (tres viviendas por cada planta, tomando en cuenta el punto más cercano, intermedio y más lejano).

5.3.3. Identificación de las muestras

Los recipientes que contengan las muestras, después de haber sido llenados y tapados cuidadosamente deben ser rotulados e identificados con el código de lugar de la muestra (INEN, 2011). Es necesario adjuntar los siguientes datos:

- Identificación del punto de muestreo con coordenadas.
- Fecha de la recolección.
- Hora de la recolección.
- Condiciones atmosféricas.
- Preservantes adicionados.
- Datos recopilados de la muestra.

5.3.4. Toma de muestras

Se debe tomar en cuenta aspectos importantes (INEN, 2011) como:

- Identificar los frascos y colocar el código del lugar de la toma de muestra, además de la fecha y hora exacta en que se la realizó.
- La toma de muestras se debe llevar a cabo en dirección opuesta al flujo de la vertiente; mientras que para los tanques de reserva de agua potable se sumerge el envase y para las viviendas de los usuarios se llena el envase a un volumen adecuado.
- Utilizar guantes de nitrilo al momento de la recolección de la muestra.
- Los envases tienen que estar químicamente limpios y enjuagados 2 o 3 veces antes de proceder a la recolección de la muestra, excepto para los envases destinados para análisis microbiológicos.
- Para la recolección de muestras microbiológicas se llena el envase 3/4 de su capacidad procurando sellar el envase dentro del agua.
- Tener precaución de que el recipiente para análisis de DBO_5 no contenga burbujas.
- Preservar las muestras recolectadas.
- Colocar el cooler junto con las muestras en lugares que no estén expuestos a la luz solar.

5.3.5. Preservación de las muestras

El objetivo de los preservantes es mantener ciertos constituyentes físicos y químicos por medio de la adición directa a la muestra de compuestos químicos después de que esta sea extraída de la fuente. Los métodos de preservación incluyen operaciones como control de pH, adición de reactivos, refrigeración y otros preservantes (Barreto, 2010).

Los compuestos químicos más empleados son: ácidos, soluciones básicas, biácidos, reactivos especiales empleados para la preservación de ciertos compuestos como cianuros totales, oxígeno y sulfitos. Para la adición de los preservantes se debe consultar la normativa INEN 2169:1998, tabla 1: Técnicas generales para la conservación de muestras – análisis físico – químico y la tabla 4: Técnicas generales recomendadas para la preservación de muestras para análisis biológicos (INEN, 2011).

Si se supera el tiempo de preservación de las muestras recomendado antes de proceder con el análisis de preferencia se debe eliminar la muestra, con ello garantizamos la calidad de los resultados a obtener en los análisis a realizarse (ICONTEC, 2008).

Se deben preservar las muestras con los compuestos químicos correspondientes para cada parámetro a ser analizado en el laboratorio, como se indica en la Tabla 1.

Tabla 14. Preservación para muestras de análisis en laboratorio (INEN, 2011).

Parámetro	Tipo de frasco	Volumen de muestra (ml)	Preservación
Cloruros	P o V	100	-
Cobre (Cu)	P o VB lavado con ácido	100	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO ₃
Coliformes Totales y Fecales	V	200	Refrigeración a 4°C
DBO ₅	P o V	1000	Refrigerar entre 2 y 5°C, guardar en la obscuridad.
DQO	P o V	100	Acidificar a pH < 2 con H ₂ SO ₄ , refrigerar entre 2 y 5°C, guardar en la obscuridad.
Dureza Total	P o VB	100	Acidificar a pH 1 a 2 con HNO ₃
Hierro Total	P o VB lavado con ácido	100	Acidificar a entre pH 1 a 2 con HNO ₃
Nitratos (NO ₃)	P o V	250	Acidificar a pH < 2 o refrigerar entre 2 y 5°C
Nitritos (NO ₂)	P o V	200	Refrigerar entre 2 y 5°C.
Sólidos Disueltos Totales	P o V	200	Refrigerar entre 2 y 5°C.
Sólidos Totales	P o V	100	Refrigerar entre 2 y 5°C.
<i>P: plástico</i>		<i>V: vidrio</i>	<i>VB: vidrio borosilicatado</i>

5.3.6. Transporte y entrega de las muestras al laboratorio

Al momento de almacenar los envases se debe tomar en cuenta que los mismos estén debidamente sellados, evitando con esto posibles derrames. Las muestras se deben entregar al laboratorio lo antes posible después de ser recolectadas, en el transcurso de 24 horas como máximo. La persona encargada de la recepción, debe verificar el etiquetado de las muestras y comparar con la información recopilada en campo (ICONTEC, 2008).

6. INFORMACIÓN DE LOS PARÁMETROS A RECOLECTAR

En la Tabla 2, se detalla el lugar de análisis de cada parámetro:

Tabla 15. Lugar de análisis por parámetro

Parámetro	Lugar de análisis
Cloruros, Cobre, Coliformes Totales y Fecales, DBO ₅ , DQO, Dureza Total, Hierro Total, Nitratos, Nitritos, Sólidos Totales, Sólidos Disueltos Totales.	Laboratorio
Cloro Residual, Conductividad, Oxígeno Disuelto, pH, Temperatura, Turbiedad.	<i>In situ</i>

7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En la Tabla 3, se detallan las actividades realizadas con la fecha respectiva.

Tabla 16. Cronograma

Objetivo	Actividades	Fecha
Realizar un levantamiento de información.	Recorrido de la zona para establecer los puntos representativos para el muestreo.	31/08/2018
	Toma de fotografías, identificación de puntos vulnerables del sistema de distribución.	
Reconocimiento del sistema de captación, potabilización y distribución.	Recorrido a lo largo del sistema, reconociendo puntos que presenten deterioro para las respectivas recomendaciones en el manual de mantenimiento.	15/09/2018
1er muestreo.	Toma de muestras en: captación, válvula, entrada de agua y tanque de almacenamiento de la planta de tratamiento 2.	02/10/2018
2do muestreo.	Toma de muestras en: entrada de agua y tanque de almacenamiento de la planta de tratamiento 3, entrada de agua y tanque de almacenamiento de la planta de tratamiento 1, primer domicilio.	29/10/2018
3er muestreo.	Toma de muestras en: domicilios.	12/11/2018
4to muestreo.	Toma de muestras en: domicilios.	19/11/2018

8. BIBLIOGRAFÍA

Barreto, P. (2010). *Protocolo de Monitoreo de Agua*. Huaraz.

ICONTEC. (2008). *Norma tecnica colombiana: Calidad del agua. Muestreo*. Bogotá.

INEN. (2011). *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Obtenido de Instituto Ecuatoriano de Normalización: <http://www.normalizacion.gob.ec/>

Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Antioquia.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE



Operación y mantenimiento:

JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE

“TAMBILLO”

DESARROLLADO POR:

Luis Herrera

Karina Quisaguano

CONTENIDO

1. PRESENTACIÓN.....	3
2. INTRODUCCIÓN.....	3
3. OBJETIVOS.....	4
3.1. General.....	4
3.2. Específicos	4
4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS Y CONCEPTOS.....	4
4.1. Agua Potable	4
4.2. Calidad del agua.....	4
4.3. Aspectos físicos, químicos y microbiológicos.....	4
4.3.1. Físicos	5
4.3.2. Químicos	5
4.3.3. Microbiológicos	5
4.4. Contaminación del agua	5
4.4.1. Actividades que causan la contaminación del agua	5
4.4.2. Formas de contaminación.....	5
4.5. Conservación de las fuentes de agua	6
4.6. Salud relacionada con el agua.....	7
4.6.1. Enfermedades transmitidas por el agua.....	7
4.6.2. Medidas preventivas	7
5. RESPONSABLES.....	8
6. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA.....	8

6.1.	Operación	8
6.2.	Mantenimiento	8
6.2.1.	Captación	9
6.2.2.	Conducción.....	10
6.2.3.	Tanque de almacenamiento.....	11
6.2.4.	Red de distribución	13
6.2.5.	Micro medidor.....	14
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	15
8.	ANEXOS.....	15

1. PRESENTACIÓN

La elaboración del siguiente manual tiene la finalidad de que pueda ser utilizado como una guía a seguir para un mejor cuidado, operación y mantenimiento en la realización de las actividades necesarias en las obras que conforman el sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo.

El presente proyecto va dirigido principalmente hacia los operadores del sistema de abastecimiento, con el objetivo de que desarrollen las habilidades y conocimientos necesarios relacionados con la administración, operación, mantenimiento preventivo de los sistemas y realización de reparaciones en forma oportuna y correcta cuando así el sistema lo requiera.

Toda la población deberá ser parte activa de este proyecto, tanto líderes de la comunidad como los beneficiarios del sistema, de esta manera se asegurará un buen funcionamiento del sistema y los usuarios podrán tener la seguridad de que su agua de consumo es de buena calidad. Así ambas partes contribuirán al mejoramiento de las condiciones de salud y calidad de vida de su población.

2. INTRODUCCIÓN

La elaboración del siguiente manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable, es el resultado final de la recolección de datos del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo. Se realizaron diversos recorridos para el reconocimiento del lugar, toma de fotografías, análisis de muestras de la calidad de su agua y se realizó la revisión de manuales pertenecientes a diferentes instituciones tanto nacionales como internacionales.

En este manual se detallan principalmente las actividades que se deben realizar para operar y mantener adecuadamente las diversas obras que conforman los sistemas de abastecimiento de agua, con la finalidad de prevenir daños a futuro y garantizar la sostenibilidad de los mismos. Con ello, se pretende que el agua abastecida, además de ser distribuida de manera ininterrumpida, cumpla con las normas de calidad establecidas en el país, las cuales son: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) Libro VI, Anexo 1, Tabla 2. (Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección); y la Norma INEN 1108:2011.

3. OBJETIVOS

3.1. General

Orientar tanto a la Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo como a los operadores encargados a una correcta operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable.

3.2. Específicos

- Guiar a los operadores al desarrollo de habilidades y conocimientos para dar solución a los problemas correspondientes con la operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable.
- Facilitar a los operadores del sistema, procedimientos básicos que sirvan como ayuda para solucionar daños y realizar mantenimientos preventivos dentro del mismo.
- Dar a conocer los beneficios de poseer agua potable y la importancia de su cuidado, así como los riesgos de no poseerla.

4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS Y CONCEPTOS

4.1. Agua Potable

Agua tratada, en la cual se ha ido modificando o variando sus características físicas, químicas y biológicas, con el fin de hacerla consumible; debido a que el agua en su estado natural, sin recibir un previo tratamiento, no es apta para el consumo humano. Su calidad dependerá del uso que se le vaya a dar (Ramírez, 2011).

4.2. Calidad del agua

El agua es considerada apta para el consumo humano al cumplir con los requisitos físicos, químicos y microbiológicos mínimos estipulados en las normas correspondientes. De no ser este el caso, deberá ser sometida a tratamientos que eliminen o disminuyan la concentración de elementos nocivos para el ser humano (Romero, 2013).

4.3. Aspectos físicos, químicos y microbiológicos

La calidad del agua se determina caracterizando parámetros físicos, químicos y microbiológicos, con los que se conoce las características de un cuerpo de agua.

4.3.1. Físicos

Los aspectos físicos del agua son los que se pueden apreciar por medio de los sentidos como el olor, el color, el sabor y la turbiedad (MANCUERNA, 2015).

4.3.2. Químicos

Este aspecto se relaciona con el contenido de compuestos químicos, uno de los más utilizados en el agua potable para su desinfección es el cloro, debido a su bajo costo y fácil análisis ya sea en el laboratorio o en campo (MANCUERNA, 2015).

4.3.3. Microbiológicos

Este aspecto hace referencia a la presencia de organismos patógenos que pueden afectar la salud de los seres humanos, pueden encontrarse en heces humana, basura, agua estancada y suelos contaminados con excrementos tanto humanos como animales. Estos organismos pueden ser: parásitos, bacterias o virus (MANCUERNA, 2015).

4.4. Contaminación del agua

Se considera que el agua está contaminada cuando se han alterado o cambiado sus características físicas, químicas o microbiológicas y resulta menos o no apta para el consumo humano (MANCUERNA, 2015).

4.4.1. Actividades que causan la contaminación del agua

Las principales fuentes de contaminación del agua se deben a la descarga indiscriminada de aguas residuales provenientes de domicilios, comercios, industrias y agricultura sin tratamiento previo (MANCUERNA, 2015).

4.4.2. Formas de contaminación

La contaminación puede darse en forma accidental, pero generalmente se da de manera provocada, como se mencionó anteriormente debido a la descarga indiscriminada de aguas residuales, componentes líquidos de uso doméstico, desechos industriales que contienen un alto grado de contaminantes, aguas pluviales urbanas, drenajes de sistemas de riego, descargas agrícolas y el uso de productos químicos en el suelo para mejorar el rendimiento de los cultivos o para evitar plagas indeseables (MANCUERNA, 2015).

Otras de las principales causas de contaminación y en la que se debe poner más atención, se deben a los malos hábitos de los habitantes, ya que defecan al aire libre, depositan basura en lugares que no son los adecuados, lavan la ropa directamente en las fuentes de agua y llevan a sus animales muy cerca de las captaciones (MANCUERNA, 2015). Las actividades mencionadas, son las principales causas de la reducción de diversas especies acuáticas, tanto animales como vegetales y de la generación de malos olores que afectan al medio ambiente. Por ello, el agua dulce pierde su calidad y debido a esto es necesario realizar un análisis de los diferentes parámetros físicos, químicos y microbiológicos, que nos permitan evaluar el estado de su calidad (MANCUERNA, 2015).

En la Figura 1, se pueden evidenciar diferentes prácticas inadecuadas que pueden originar la contaminación del agua.

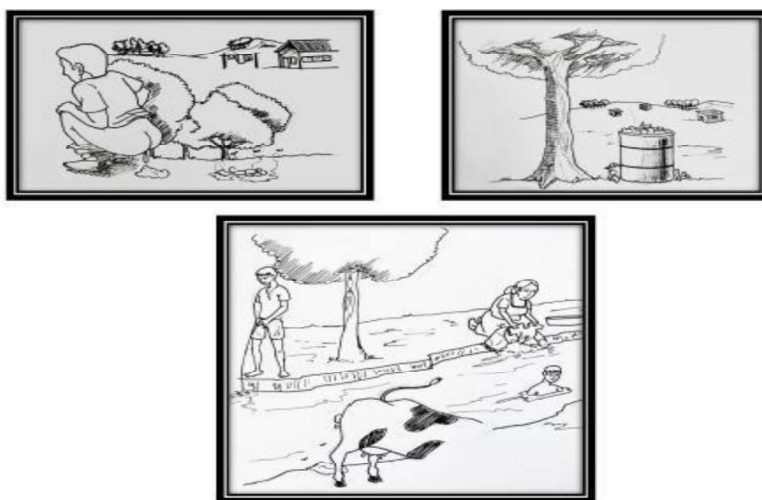


Figura 37. Prácticas inadecuadas que contaminan el agua (MANCUERNA, 2015).

4.5. Conservación de las fuentes de agua

Cuidar las fuentes hídricas es de gran importancia, debido a que son una fuente de vida, por ello se debe dar un buen uso a este recurso, no desperdiciarlo y sobre todo no contaminarlo, se debe evitar botar basura en lugares que no son los apropiados para ello (dentro o cerca de las fuentes de agua), eliminar agua proveniente de domicilios, industrias, agricultura, sin antes darle un tratamiento necesario. Lo que quiere decir, evitar cualquier actividad que disminuya la calidad de este recurso (MANCUERNA, 2015). Se recomienda cercar el área donde se encuentra la captación del sistema de distribución, para así evitar contaminaciones externas que puedan afectar la calidad del agua.

4.6. Salud relacionada con el agua

4.6.1. Enfermedades transmitidas por el agua

La contaminación del recurso puede ocasionar graves epidemias en la población. Se debe tener un cuidado especial al tratarse de agua para consumo humano (OMS, 2018). En la Tabla 1, se muestran las principales y más comunes enfermedades transmitidas por el agua.

Tabla 17. Principales enfermedades transmitidas por el agua (ingestión) (OMS, 2018).

Nombre	Síntomas Principales	Portador
Salmonelosis	Dolores abdominales, fiebres, diarreas, náuseas, vómitos.	Animales domésticos, personas enfermas.
Cólera	Fiebre, diarreas, malestar abdominal, vómitos.	Animales domésticos, humanos.
Fiebre Tifoidea	Fiebre, anorexia, malestar general, anorexia, pulso lento.	Humano, paciente o portador.
Criptosporidiosis	Fiebre, diarreas.	Humano.
Shigelosis	Fiebre, diarreas.	Humano.
Disenterías	Diarreas, fiebre, vómito, cólico.	Animales domésticos, humanos.
Giardiasis	Asintomática, asociada con diarreas.	Humano.
Hepatitis	Fiebre, náuseas, anorexias, malestar general.	Humano.
Dengue	Fiebre alta y continuo dolor.	Transportado por un mosquito que lo inyecta en la sangre humana.
Malaria	Anemia.	Se transmite a través de la saliva y la picadura de un mosquito portador.
Esquistosomiasis	Infección.	Se desarrolla en caracoles de agua dulce, se encuentran en lagos, canales de irrigación y campos agrícolas inundados.
Onchocerciasis (ceguera de los ríos)	Picazones severas o dermatitis.	Se desarrollan en moscas negras, las cuales los transmiten a los humanos por medio de picaduras.

4.6.2. Medidas preventivas

El objetivo más importante de la prevención son las enfermedades de origen fecal. Las agua negras deben ser eliminadas y las heces tratadas, eliminado así también el peligro de contaminación. (MANCUERNA, 2015) Se debe cumplir con los siguientes requisitos:

- El suelo, agua subterránea y superficial no deben contaminarse.
- Las moscas u otros animales no pueden tener acceso a la materia fecal.

- No deben existir malos olores en el medio ambiente que puedan atraer vectores que transmitan enfermedades.
- Mantener adecuados hábitos de higiene personal.

5. RESPONSABLES

El principal responsable del buen funcionamiento del sistema de abastecimiento es la Junta Administradora de Agua Potable de Tambillo (JAAPT), la cual es la encargada de designar el personal responsable de la operación y mantenimiento de las instalaciones de dicho sistema.

El operador u operadora debe cumplir con requisitos como vivir dentro de la comunidad, ser usuario, saber leer y escribir, tener más de 18 años y conocer acerca de las actividades de interés comunal.

6. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

6.1. Operación

Son las diferentes actividades adecuadas y oportunas que se realizan para que el sistema de abastecimiento de agua potable funcione correctamente de forma continua y eficiente, según las especificaciones del sistema (MANCUERNA, 2015).

6.2. Mantenimiento

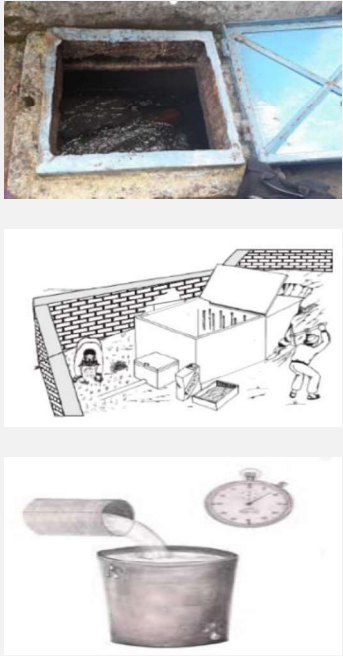
Son las acciones que se realizan para prevenir o corregir daños en las obras del sistema de abastecimiento de agua potable para que este siga funcionando correctamente (MANCUERNA, 2015). Puede ser de dos tipos:

- **Preventivo:** este tipo de mantenimiento se realiza antes de que las obras del sistema de agua potable sufran algún daño y así evitar problemas a futuro.
- **Correctivo:** este tipo de mantenimiento se realiza cuando ya ha ocurrido algún tipo de daño en las obras del sistema de agua potable a causa de accidentes o desgastes de la instalación y es necesario repararlo.


6.2.1. Captación

En la Tabla 2, se detallan las actividades a realizarse para el mantenimiento preventivo de la captación: (Corantioquia, 2014)

Tabla 18. Mantenimiento preventivo de la captación (Avina , 2012).

Frecuencia	Actividad	Materiales	Imagen
Cada quince días	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que no existan elementos extraños dentro del tanque. 2. Revisar que la tapa del tanque de almacenamiento se encuentre cerrada adecuadamente y asegurada. 3. Inspeccionar la estructura del tanque de captación para verificar daños, fugas o deterioros. 4. Revisar si hay tomas no autorizadas aguas arriba de la captación. En caso de ser así, se debe notificar lo más pronto posible a la JAAPT. 5. Revisar si hay descargas de aguas residuales no autorizadas aguas arriba de la captación. En caso de ser así, se debe notificar lo más pronto posible a la JAAPT. 6. Realizar una limpieza de la zona donde se encuentra el tanque de almacenamiento. Remover plantas, tierra, piedras o cualquier material extraño. 7. Medición de caudal: colocar el recipiente bajo la corriente y activar el cronómetro al mismo tiempo. Retirar el balde cuando esté lleno y parar el cronómetro simultáneamente. Es recomendable tomar varios tiempos de llenado, con el fin de estimar un valor promedio. El caudal se calcula de la siguiente manera: $\text{Caudal} = \frac{\text{Volumen de agua}(l)}{\text{Tiempo de llenado}(s)}$ 	<p>Cámara fotográfica, machete, picos, palas, balde de 20 litros, cronómetro.</p>	


... Continuación Tabla 2.

<p>Cada seis meses</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar el estado del metal o de la pintura anticorrosiva de la tapa del tanque, de ser necesario retirar cualquier tipo de corrosión. Limpiar el polvo, tierra y hojas secas. 2. Cerrar la válvula de entrada y vaciar el tanque para limpiar las paredes internas y el piso del tanque con la ayuda de una escoba o cepillo y utilizando únicamente agua y evitando el uso de jabones o detergentes. 3. Revisar la estructura de la captación, en caso de fugas o rajaduras se debe reparar las partes dañadas con cemento y mortero. 	<p>Cepillo metálico, brochas, pintura anticorrosiva, escoba, botas limpias, traje impermeable, balde, manguera cemento, mortero.</p>	
<p>Observaciones</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Comprobar si hay evidencias de acceso a la captación de personas ajenas o animales. De ser así, reparar cualquier daño encontrado. 2. Dejar un registro escrito de todas las actividades de mantenimiento en la captación, observar Anexo I. 3. Informar a la JAAPT sobre las actividades realizadas y sobre cualquier novedad o daño que no se haya podido reparar. 		




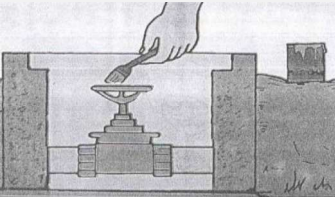
6.2.2. Conducción

En la Tabla 3, se detallan las actividades a realizarse para el mantenimiento preventivo de la conducción:

Tabla 19. Mantenimiento preventivo de la conducción (Avina , 2012).

Frecuencia	Actividad	Materiales	Imagen
<p>Cada quince días</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspeccionar las tuberías con el fin de detectar fugas o daños. En caso de ser así, se debe notificar lo más pronto posible a la JAAPT. 2. Verificar el correcto funcionamiento de las válvulas de descarga. La apertura y cierre de las mismas debe ser sin mucho esfuerzo. 	<p>Cámara fotográfica.</p>	



... Continuación Tabla 3.

<p>Cada 3 meses</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Limpiar el área cercana a la línea de conducción como hojas, ramas, maleza, entre otras. Con el fin de facilitar la inspección. 2. Cubrir y proteger con tierra los tramos en que la tubería se encuentre expuesta. 3. Abrir las válvulas de purgas de lodos eliminado los sedimentos acumulados dentro de la tubería. 	<p>Machetes, palas, picos.</p>	  
<p>Cada año</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lubricar y proteger de la corrosión a las válvulas de descarga y de purga. 2. En caso de daño o fuga en la línea se debe detener el proceso de conducción. Se deberá cortar la parte dañada de la tubería, colocar una unión de acuerdo al diámetro de la tubería en la parte extraída. Finalmente se debe iniciar el proceso y verificando que no existan fugas en la unión instalada. 	<p>Brochas y pintura anticorrosiva, sierras, uniones de acoplamiento.</p>	 
<p>Observaciones</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dejar un registro escrito de todas las actividades de mantenimiento realizadas en las tuberías conducción, observar Anexo II. 2. Informar a la JAAPT sobre las actividades realizadas y sobre cualquier novedad o daño que no se haya podido reparar. 		


6.2.3. Tanque de almacenamiento

En la Tabla 4, se detallan las actividades a realizarse para el mantenimiento preventivo del tanque de almacenamiento:

Tabla 20. Mantenimiento preventivo del tanque de almacenamiento (Avina , 2012).

Frecuencia	Actividad	Materiales	Imagen
Cada quince días	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar que las tapas de los tanques de se encuentren adecuadamente cerradas y aseguradas. 2. Revisar si los tanques contienen agentes extraños. En caso que exista una gran acumulación de sólidos se debe vaciar hasta cierto porcentaje. Para que no afecte la distribución, a menos que sea una contaminación grave. 3. Inspeccionar si en los tanques existen grietas, fugas o desprendimientos de la pared, si las hay informar a la JAAPT. Siempre al entrar a un tanque otra persona debe estar afuera, para estar pendiente de la actividad en caso de emergencia. 4. Medición de caudal. 	<p>Cámara fotográfica, traje impermeable, botas limpias, balde de 20 litros, cronómetro.</p>	
Cada año	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lavar y limpiar el fondo, las paredes internas y la tapa de los tanques utilizando únicamente agua clorada y evitando el uso de detergentes o jabones, al ingresar se debe procurar una ventilación de por lo menos una hora. Antes de la limpieza es necesario comunicar a la comunidad en caso de suspensión del servicio. 2. Inspeccionar que las tuercas y los tornillos de las escaleras de ingreso a los tanques estén correctamente ajustados. 3. Pintar las escaleras de acceso. 4. Lubricar y proteger de la corrosión a las válvulas de entrada y salida. 5. Retocar, resanar y pintar el tanque externamente. 	<p>Cepillo o escoba, mangueras, traje impermeable, mascarilla, botas limpias, destornillador, llaves inglesas. Pintura anticorrosiva, lubricantes, brochas o rodillos, balde, revestimiento impermeable, agente sellador.</p>	




... Continuación Tabla 4.

Cada dos años	1. Recubrir las paredes internas del tanque con mortero impermeabilizado.	Mortero, arena, traje impermeable, botas limpias, herramientas acordes para el desarrollo de la actividad.	
Observaciones	1. Dejar un registro escrito de todas las actividades de mantenimiento en la captación, observar Anexo III. 2. Informar a la JAAPT sobre las actividades realizadas y sobre cualquier novedad o daño.		

6.2.4. Red de distribución

En la Tabla 5, se detallan las actividades a realizarse para el mantenimiento preventivo de la red de distribución:


Tabla 21. Mantenimiento preventivo de la red de distribución (Avina , 2012).

Frecuencia	Actividad	Imagen
Cada quince días	1. Comprobar si existen instalaciones clandestinas por medio de quejas o denuncias. 2. Reportar daños o fugas a la JAAPT para su respectivo correctivo.	
Cada año	1. Lavar las tuberías internamente para eliminar residuos que se hayan formado o acumulado. Si hay hidrantes, dejar salir el agua por estos durante un rato. 2. Lubricar y proteger de la corrosión a las válvulas del sistema de distribución con la ayuda de pinturas anticorrosivas y lubricantes.	 
Observaciones	1. Dejar un registro escrito de todas las actividades de mantenimiento en red de distribución, observar Anexo IV. 2. Informar a la JAAPT sobre las actividades realizadas y sobre cualquier novedad o daño.	

6.2.5. Micro medidor

En la Tabla 6, se detallan las actividades a realizarse para el mantenimiento preventivo del micro medidor:

Tabla 22. Mantenimiento preventivo del micro medidor (Avina , 2012).

Frecuencia	Actividad	Imagen
Cada vez que se realice la lectura	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tomar las presiones correspondientes. Tener en cuenta la recomendación con la que trabaja la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS), que es de un mínimo de presión de 10 metros de columna de agua (mca) en los sitios más altos de la población y no mayor a 60 mca en los sitios más bajos. 2. Revisar que no existan fugas, si existen reparar o programar su reparación. 3. Verificar que el medidor registre el consumo, a través de la medición del caudal. 4. Verificar que el consumo en la vivienda corresponda a lo real (una forma es consultando los registros anteriores); si hay dudas, identificar las causas y reportar tanto al propietario como a la JAAPT. 5. Si se presenta un problema debido al deterioro del medidor, programar su retiro para llevarlo a reparación e instalar un medidor provisional. 6. Si el problema se debe al daño del medidor, se debe realizar su cambio inmediatamente. 7. Si el problema se debe a una alteración en el funcionamiento normal del medidor por parte del usuario o por conexiones fraudulentas antes del medidor, informar a la JAAPT y actuar de acuerdo con el reglamento. 8. Si el problema se debe a fugas en el interior de la vivienda, recomendar al usuario que las corrija. 9. Registrar en el formato apropiado la información encontrada. 	
Cada dos años	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hacer mantenimiento preventivo al medidor, calibrar de ser necesario. 	
Observaciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tomar en cuenta que la vida útil del micro medidor es de 7 años. 2. Dejar un registro escrito de todas las actividades de mantenimiento en el micro medidor, observar Anexo V. 3. Informar a la JAAPT sobre las actividades realizadas y sobre cualquier novedad o daño. 	

7. BIBLIOGRAFÍA

Avina . (2012). *Operación y Mantenimiento de sistemas de agua potable*. Quito.

Corantioquia. (2014). *Manual: Medición del caudal*. Medellín.

MANCUERNA. (2015). *Manual de Administración, Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento*. San Marcos.

OMS. (7 de Febrero de 2018). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el 31 de Enero de 2019, de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del Agua: evaluación y diagnóstico*. Medellín: Ediciones de la U.


Romero, J. A. (2013). *Calidad del Agua*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingenieros.

8. ANEXOS

ANEXO I: REGISTRO CAPTACIÓN

JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE TAMBILLO FORMATO DE REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL TANQUE DE CAPTACIÓN			
Fecha	Actividad o mantenimiento realizado	Observaciones	Materiales y equipos utilizados
	Verificar que no existan elementos extraños dentro del tanque.		Cámara fotográfica, machete, picos, palas, balde de 20 litros, cronómetro.
	Revisar que la tapa del tanque de almacenamiento se encuentre cerrada adecuadamente y asegurada.		
	Inspeccionar la estructura del tanque de captación para verificar daños, fugas o deterioros.		
	Revisar si hay tomas no autorizadas aguas arriba de la captación.		
	Revisar si hay descargas de aguas residuales no autorizadas aguas arriba de la captación.		
	Realizar una limpieza de la zona donde se encuentra el tanque. Remover plantas, tierra, piedras o cualquier material extraño.		
	Medir el caudal		
	Verificar el estado del metal o de la pintura anticorrosiva de la tapa del tanque. Limpiar el polvo, tierra y hojas secas.		Cepillo metálico, brochas, pintura anticorrosiva, escoba, botas limpias, traje impermeable,
	Cerrar la válvula de entrada y vaciar el tanque para limpiar las paredes internas y el piso del tanque.		balde, manguera
	Revisar la estructura de la captación, en caso de fugas o rajaduras se debe reparar las partes dañadas con cemento y mortero.		cemento, mortero.
Ejecutado por:	Dep. Operación y mantenimiento JAAPT	Nombres y firmas de	
Entregado a:	Responsable directiva JAAPT	responsabilidad:	
NOTA: Si se encuentra con alguna novedad o daño durante las actividades o mantenimiento es necesario respaldar el registro con un archivo gráfico.			


ANEXO II: REGISTRO CONDUCCIÓN

JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE TAMBILLO FORMATO DE REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL TANQUE DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN			
Fecha	Actividad o mantenimiento realizado	Observaciones	Materiales y equipos utilizados
	Inspeccionar las tuberías con el fin de detectar fugas o daños.		Cámara fotográfica.
	Verificar el correcto funcionamiento de las válvulas de descarga. La apertura y cierre de las mismas debe ser sin mucho esfuerzo.		
	Limpiar el área cercana a la línea de conducción como hojas, ramas, maleza, entre otras.		
	Cubrir y proteger con tierra los tramos en que la tubería se encuentre expuesta.		Machetes, palas, picos.
	Abrir las válvulas de purgas de lodos eliminado los sedimentos acumulados dentro de la tubería.		
	Lubricar y proteger de la corrosión a las válvulas de descarga y de purga.		Brochas y pintura anticorrosiva,
	En caso de daño o fuga en la línea. Cortar la parte dañada de la tubería, colocar una unión de acuerdo al diámetro de la tubería en la parte extraída.		sierras, uniones de acoplamiento.
Ejecutado por:	Dep. Operación y mantenimiento JAAPT	Nombres y firmas de responsabilidad:	
Entregado a:	Responsable directiva JAAPT		
NOTA: Si se encuentra con alguna novedad o daño durante las actividades o mantenimiento es necesario respaldar el registro con un archivo gráfico.			


ANEXO III: REGISTRO TANQUE DE ALMACENAMIENTO

JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE TAMBILLO FORMATO DE REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL TANQUE DE ALMACENAMIENTO			
Fecha	Actividad o mantenimiento realizado	Observaciones	Materiales y equipos utilizados
	Revisar que las tapas de los tanques de se encuentren adecuadamente cerradas y aseguradas.		Cámara fotográfica, traje impermeable, botas limpias, balde de 20 litros, cronómetro.
	Revisar si los tanques contienen agentes extraños.		
	Inspeccionar si en los tanques existen grietas, fugas o desprendimientos de la pared.		
	Medir el caudal.		
	Lavar y limpiar el fondo, las paredes internas y la tapa de los tanques.		Cepillo o escoba, mangueras, traje impermeable, mascarilla, botas limpias, destornillador, llaves inglesas.
	Inspeccionar que las tuercas y los tornillos de las escaleras de ingreso a los tanques estén correctamente ajustados.		
	Pintar las escaleras de acceso.		
	Lubricar y proteger de la corrosión a las válvulas de entrada y salida.		Pintura anticorrosiva, lubricantes, brochas o rodillos, balde, revestimiento impermeable, agente sellador.
	Retocar, resanar y pintar el tanque externamente.		Mortero, arena, traje impermeable, botas limpias.
	Recubrir las paredes internas del tanque con mortero impermeabilizado.		
Ejecutado por:	Dep. Operación y mantenimiento JAAPT	Nombres y firmas de	
Entregado a:	Responsable directiva JAAPT	responsabilidad:	
NOTA: Si se encuentra con alguna novedad o daño durante las actividades o mantenimiento es necesario respaldar el registro con un archivo gráfico.			

ANEXO IV: REGISTRO RED DE DISTRIBUCIÓN

JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE TAMBILLO FORMATO DE REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL RED DE DISTRIBUCIÓN			
Fecha	Actividad o mantenimiento realizado	Observaciones	
	Comprobar si existen instalaciones clandestinas por medio de quejas o denuncias.		
	Reportar daños o fugas a la JAAPT para su respectivo correctivo.		
	Lavar las tuberías internamente.		
	Lubricar y proteger de la corrosión a las válvulas del sistema de distribución con la ayuda de pinturas anticorrosivas y lubricantes.		
Ejecutado por:	Dep. Operación y mantenimiento JAAPT	Nombres y firmas de	
Entregado a:	Responsable directiva JAAPT	responsabilidad:	
NOTA: Si se encuentra con alguna novedad o daño durante las actividades o mantenimiento es necesario respaldar el registro con un archivo gráfico.			

ANEXO V: REGISTRO MICRO MEDIDOR

JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE TAMBILLO FORMATO DE REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL MICRO MEDIDOR			
Mes correspondiente a:			
Actividad o mantenimiento realizado	N° de medidor	Propietario	Observaciones
Tomar las presiones correspondientes.			
Revisar que no existan fugas.			
Verificar que el medidor registre el consumo, a través de la medición del caudal.			
Verificar que el consumo en la vivienda corresponda a lo real.			
Realizar cambios de medidor debido a fallos.			
Hacer mantenimiento preventivo al medidor, calibrar de ser necesario.			
Ejecutado por:	Dep. Operación y mantenimiento JAAPT	Nombres y firmas de responsabilidad:	
Entregado a:	Responsable directiva JAAPT		
NOTA: Si se encuentra con alguna novedad o daño durante las actividades o mantenimiento es necesario respaldar el registro con un archivo gráfico.			