

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUMINISTRADA A TRAVÉS DE CINCO JUNTAS ADMINISTRADORAS DE AGUA DE LA PARROQUIA PIFO

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGAS EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

JESSICA VERÓNICA SIMBAÑA PIÑAN

veronica.simbana@epn.edu.ec

JENNY CAROLINA GUASHPA CAIZAGUANO

jenny.guashpa@epn.edu.ec

Director: Ing. Luis Ángel Jaramillo Sánchez, MSc.

luis.jaramillo@epn.edu.ec

Quito, Junio 2019

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Verónica Simbaña y Jenny Guashpa, bajo nuestra supervisión.

Ing. Luis Jaramillo

DIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotras, Jessica Verónica Simbaña Piñan y Jenny Carolina Guashpa Caizaguano declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación personal, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis 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.

Jessica Verónica Simbaña Piñan

Jenny Carolina Guashpa Caizaguano

DEDICATORIA

A Dios que me ha guiado en este camino y me ha dado la fortaleza de luchar cada día por ser una mejor persona.

A mi tía Lic. Inés Rosero por ser mi guía, mi compañera y apoyarme desde el día en que nuestros caminos se juntaron. Gracias a su apoyo hoy puedo cumplir con una meta más en mi vida. Hoy solo me queda agradecerle por todo lo que ha hecho por mí a lo largo de estos años, que sepa que cada meta, cada medalla, y hoy en día este proyecto va dedicado a todo su esfuerzo.

Al Señor Edgar Jiménez y su familia quienes han sido un pilar fundamental dentro de mi desarrollo personal, como deportista y ser humano porque nunca dejaron que me rindiera y han sido el complemento perfecto en mi vida.

A la Srta. Magaly Calderón mi mejor amiga, hermana, sincera, incondicional, por estar conmigo a pesar de la distancia, en honor a todos los años de amistad y por los que vendrán.

Verónica

DEDICATORIA

A mi madre Anita, por su constante apoyo, una mujer trabajadora, audaz e inteligente, quien con su amor y esfuerzo supo sacar adelante a sus hijas en momentos de dificultad, todos los días le agradezco a Dios por a ver puesto en mi camino a tal mujer, quisiera llegar a ser como tu madre. Te amo mamá.

A mi Padre, gracias.

A mi querida hermana Marisol, una razón más para seguir luchando, gracias por el tiempo que pasamos juntas, por los momentos de diversión, tristeza, alegría, no olvides que siempre podrás contar conmigo.

A mis Tíos Jorge y Luis, que fueron un ejemplo seguir en el camino académico, gracias por sus consejos.

A Jorge B. Llegaste en el momento indicado, gracias por las palabras y el tiempo que pude compartir contigo, eres una persona especial para mí, más de lo que pudo admitir.

A mi compañera, amiga, colega de tesis Verónica S. una mujer que inyecta alegría, gracias Vero significas mucho para mí.

Jenny

AGRADECIMIENTOS

A Dios, que cambio mi camino y me brindó la oportunidad de ser alguien mejor.

A la Escuela Politécnica Nacional y la Escuela de Formación de Tecnólogos por promover el desarrollo tanto académico como humanístico.

A mi tía Inés Rosero por enseñarme que la educación es lo más importante y que con esfuerzo todo se puede lograr, que hay que ser fuerte y nunca dejar de luchar.

A la Ing. Nathaly Amendaño por compartir sus conocimientos y sus valores como profesional y como ser humano, gracias por su apoyo.

A los ingenieros Santiago Guerra y Luis Jaramillo quienes contribuyeron con sus conocimientos, para que el presente proyecto culminara de manera exitosa

A mi amiga y compañera de tesis “Jennys” con quien he compartido gran parte de este camino, por tu confianza, apoyo y cooperación en la elaboración de este proyecto. Gracias por tu amistad que será el recuerdo de esta etapa de mi vida.

Verónica

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, le doy gracias a Dios por darme las fuerzas para continuar en este camino.

A la Escuela Politécnica Nacional y la Escuela de Formación de Tecnólogos por la formación académica.

A las autoridades que conforman el GAD Parroquial de Pifo, Lic Serafín Jácome, por permitirnos realizar este diagnóstico.

A nuestros tutores, Ing. Luis Jaramillo e Ing. Santiago Guerra, gracias por el apoyo.

Jenny

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. Introducción	3
1.1. Objetivo General	3
1.2. Objetivos Específicos	3
1.3. Marco legal del agua en el Ecuador	3
1.4. Descripción y Ubicación de los puntos de muestreo	4
1.4.1. Captación	6
1.4.2. Tanque de cloración	7
1.4.3. Punto final usuario	7
1.5. Introducción al Muestreo	7
2. Metodología para la caracterización de las aguas	8
2.1 Equipo y materiales para la ejecución del muestreo	8
2.2 Tipos de muestras	9
2.3 Aplicación de procedimientos estandarizados de muestreo	10
2.4 Procedimiento de toma de muestras para análisis físicos, químicos y microbiológicos	11
2.5 Transporte y preservación de las muestras	11
2.6 Parámetros analizados	13
2.7 Indicadores físicos	14
2.8 Indicadores químicos	15
2.9 Indicadores microbiológicos	17
2.10 Porcentaje de oxígeno disuelto	18
2.11 Índice de calidad del agua	19
2.12 Procedimientos- parámetros físicos, químicos y microbiológicos	23

3. Resultados.....	28
3.1 Introducción sobre los resultados.....	28
3.2 Resultados de análisis de calidad de agua en la fuente.....	29
3.3 Resultados de análisis de calidad de agua en los tanques de almacenamiento	32
3.4 Resultados de análisis de calidad de agua en el domicilio (usuario).....	37
3.5 Resultados de análisis de calidad de agua en las líneas de conducción y distribución	38
4. Conclusiones y recomendaciones.....	47
4.1 Conclusiones	47
4.2 Recomendaciones	48
5. Bibliografía	50
6. ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Límites parroquia Pifo	4
Figura 2 Etiqueta de identificación para los recipientes	10
Figura 3 Fuente de la Quebrada Coricolima	31
Figura 4 Tanque La Virginia- Presencia de sólidos	34
Figura 5 Proceso de Dosificación-Sigsipamba	34
Figura 6 Estructura destinada al proceso de cloración	35
Figura 7 Proceso de cloración por goteo de hipoclorito- Junta Chaupimolino	35
Figura 8 Proceso de cloración por pastillas- Junta Sigsipamba	36
Figura 9 Captación Sigsipamba San Lorenzo	52
Figura 10 Tanque de Cloración Sigsipamba	52
Figura 11 Usuario- Junta Administradora Sigsipamba	52
Figura 12 Captación Hacienda Chantag	53
Figura 13 Tanque de Cloración Chaupimolino	53
Figura 14 Usuario- Junta Administradora Chaupimolino	53
Figura 15 Tanque de Cloración El Inga	54
Figura 16 Captación Quebrada Coricolima	54
Figura 17 Usuario- Junta Administradora El Inga	54
Figura 18 Tanque Cloración La Virginia	55
Figura 19 Captación Vertiente desemboca Río Chacpito	55
Figura 20 Usuario- Junta Administradora La Virginia	55
Figura 21 Tanque Cloración La Cocha -Itulcachi	56
Figura 22 Captación Paluguillo	56
Figura 23 Usuario- Junta Administradora La Cocha- Itulcachi	56
Figura 24 Modelo de un aireador típico de bandejas múltiples	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Distribución de cada fuente de agua para cada barrio	5
Tabla 2 Equipos y materiales de muestreo	9
Tabla 3 Parámetros físicos, químicos y microbiológicos	14
Tabla 4 Indicadores físicos	14
Tabla 5 Indicadores químicos	15
Tabla 6 Indicadores microbiológicos	17
Tabla 7 Niveles de O.D.....	18
Tabla 8 Parámetros del ICA: Importancia relativa.....	19
Tabla 9 Rango de clasificación del ICA al criterio general	22
Tabla 10 Procedimientos- parámetros físicos, químicos y microbiológicos	23
Tabla 15 Resultados Calidad de Agua: Fuente- captación	29
Tabla 16 Resultado esperado del nivel de O.D. (Fuente)	30
Tabla 17 Resultados calidad de agua: Tanque de cloración	32
Tabla 18 Resultado esperado del nivel de O.D (Tanque de almacenamiento).....	33
Tabla 19 Resultados calidad de agua: usuario	37
Tabla 20 Resultado esperado del nivel de O.D (Usuario)	38
Tabla 21 Parámetros: análisis ICA.....	39
Tabla 22 Resultados ICA. Junta Administradora Sigsipamba	40
Tabla 23 Resultados ICA. Junta Administradora Chaupimolino	41
Tabla 24 Resultados ICA. Junta Administradora La Cocha.....	42
Tabla 25 Resultados ICA. Junta Administradora La Virginia	43
Tabla 26 Resultados ICA. Junta Administradora El Inga.....	44
Tabla 27 Valor ICA General.....	45
Tabla 28. Evidencia fotográfica del estado físico de las líneas de conducción.....	45

RESUMEN

El presente proyecto de titulación se realizó en la parroquia Pifo en los barrios: Chaupimolino, Sigsipamba, Palugo, El Inga, y La Cocha, con el fin de evaluar la calidad actual del recurso hídrico suministrado por la acción de las Juntas Administradoras de Agua Potable.

Se ejecutaron inspecciones de campo a lo largo de los sistemas de abastecimiento de agua en cada una de las Juntas además de la toma de muestras y medición de parámetros *in situ*, en la captación, tanque de almacenamiento y punto previo al usuario respectivamente. Posteriormente se realizaron los ensayos físicos, químicos y microbiológicos en el laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional.

Una vez obtenidos los resultados de los ensayos de cada punto de muestreo (fuente, tanque de almacenamiento y usuario), se compararon con los límites establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), Libro VI, Anexo 1, Recurso Agua Tabla 2 y en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 Agua Potable. Requisitos, se estableció que la calidad del agua en todas las juntas está dentro del rango de aceptabilidad.

A pesar de que dos de los parámetros químicos están fuera de los límites máximos permisibles no presentan un riesgo para la salud, se recomiendan la implementación de un aireador de bandejas múltiples con fondo de coque y un filtro lento antes de la entrada al tanque de almacenamiento.

Palabras clave: agua potable, análisis de calidad, consumo humano, normativas.

ABSTRACT

This project was carried out in the Pifo parish in the neighborhoods: Chaupimolino, Sigsipamba, Palugo, El Inga, and La Cocha, in order to evaluate the current quality of the water resource provided by the Potable Water Management Boards.

There were inspections along the water supply systems in each of the Boards, for this purpose samples were taken and parameters were measured *in situ*, in the catchment, storage tanks and just before the liquid reaches the user. Later the physical, chemical and microbiological tests were carried out in the Environmental and Teaching Engineering Laboratory of the National Polytechnic School.

Once obtained the results of the tests of each sampling point (source, storage tank and user), they were compared with the limits established in Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of the Environment (TULSMA), Book VI, Annex 1, Water Resource Table 2 and in the Ecuadorian Technical Standard INEN 1108 Potable Water. Requirements, it was established that the water quality in all the joints is within the range of acceptability.

Although two of the chemical parameters are outside the maximum permissible limits do not present a health risk, the implementation of a multi-tray aerator with coke bottom and a slow filter before the entrance to the storage tank are recommended.

Keywords: Drinking water, quality analysis, human consumption, regulations.

1. Introducción

1.1. Objetivo General

Diagnosticar la calidad del agua suministrada a través de cinco juntas administradoras de agua de la parroquia Pifo.

1.2. Objetivos Específicos

1. Recolectar información de las fuentes de captación que abastecen a cada barrio. (ubicación geográfica, coordenadas, accesibilidad, responsable)
2. Determinar los parámetros físico-químicos y microbiológicos que serán analizados *in situ* y en el laboratorio.
3. Recoger las muestras destinadas para los ensayos *in situ* y en laboratorio de las diferentes fuentes: lugar de captación, entradas y salidas de los tanques de almacenamiento y de los puntos previos al ingreso a los domicilios.
4. Inspeccionar las líneas de conducción, distribución y el estado de los tanques de almacenamiento de forma que permita la identificación de fallas, fugas o rupturas en las tuberías y tanques.
5. Realizar los ensayos de laboratorio de los diferentes puntos de muestreo. (captación, tanques de almacenamiento y previo al domicilio)
6. Comparar los resultados obtenidos en *in situ* y en laboratorio de cada Junta Administradora de Agua con referencia a los límites de la normativa INEN 1108 de agua potable de forma que permitan la evaluación de la calidad de agua de cada junta.

1.3. Marco legal del agua en el Ecuador

El estado ecuatoriano, en la Constitución de la República publicada en el año 2008 artículo 318, reconoce el derecho del ser humano al acceso al agua y afirma que la gestión de los sistemas de agua potable y riego serán públicos o comunitarios de forma que se promuevan las actividades comerciales productivas para el desarrollo comunitario que garanticen la soberanía alimentaria cumpliendo así con el Sumak Kawsay. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008).

En concordancia con lo establecido en la Constitución de la República, el estado cuenta con normativa ambiental de carácter obligatorio a nivel nacional que contribuye al cumplimiento del derecho al acceso del agua y garantiza su calidad dependiendo el uso al que esté destinada.

Es así que la norma técnica ambiental TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente) en su Libro VI Calidad Ambiental, Anexo 1 Recurso agua, establece los límites de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos para agua de consumo humano. Dicha norma se aplica durante la captación del recurso hídrico; y dependiendo de la calidad de la misma se presentan tablas con valores límites que determinan el tipo de tratamiento al cual deberán sujetarse, ya sea convencional o desinfección. (Ministerio del Ambiente, 2015)

De la misma forma el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN establece la Norma Técnica Ecuatoriana 1108. Agua potable. Requisitos, la cual se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros, detallando los requisitos que la misma debe cumplir para ser apta de consumo humano. (INEN, 1108)

1.4. Descripción y Ubicación de los puntos de muestreo

El presente Diagnóstico de calidad se llevó a cabo en la Provincia de Pichincha, Cantón Quito, parroquia Pifo.

La parroquia Pifo ubicada en el extremo nororiental del Distrito Metropolitano de Quito posee una gran riqueza en cuanto al recurso hídrico, cuentan con varias vertientes de agua que nacen de sus páramos, se caracteriza por tener tierras altamente fértiles ideal para actividades agropecuarias que contribuyen al progreso económico de sus comunidades. (CAPSERVS MEDIOS, 2015)

En la **Figura 1** se observa el mapa de la parroquia Pifo y las parroquias cercanas.



Figura 1 Límites parroquia Pifo
Fuente: (GAD Pifo, 2018)

Dentro del territorio, el uso del suelo consiste principalmente de zonas de cultivo, cría de ganado y zonas industriales lo que reduce el área de zonas protegidas y conlleva un crecimiento desordenado de la zona urbana. (CAPSERVS MEDIOS, 2015)

La parroquia Pifo cuenta con treinta y tres barrios y una comuna, de los cuales para el desarrollo del presente estudio de calidad, se seleccionaron cinco barrios que serán beneficiados del análisis físico químico y microbiológico de la calidad del agua potable. (GAD Pifo, 2018)

El suministro del recurso hídrico a los habitantes de cada barrio se lleva a cabo gracias al accionar de las Juntas Administradoras de Agua potable, las cuales se han organizado con la finalidad de satisfacer la demanda de agua principalmente para consumo humano y riego. (GAD Pifo, 2018)

Las Juntas Administradoras utilizan fuentes de agua cruda como vertientes y ríos para abastecer del servicio de agua potable, la distribución de los barrios seleccionados y su respectiva fuente de captación se detallan a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1 Distribución de cada fuente de agua para cada barrio

Parroquia Pifo	
BARRIO	FUENTE
Chaupimolino	vertiente - Hacienda Chantag
Sigsipamba	San Lorenzo
La Virginia	Paluguillo
El Inga	Vertiente-quebrada Coricolima
La Cocha	3 Vertientes del río Chacpito

Fuente: (CAPSERVS MEDIOS, 2015)

Para la toma de muestras se elaboró una planificación en la cual se establecieron los puntos de muestreo en cada una de las Juntas Administradoras de Agua Potable, de forma que permitan la obtención de datos representativos que posteriormente servirán para la evaluación de calidad del agua. Es así que se determinan tres puntos en cada Junta: captación –fuente, tanque de cloración y punto previo de ingreso del agua al usuario.

1.4.1. Captación

Los puntos de captación de las diferentes comunidades se encuentran ubicados en diferentes tipos de paisajes, es así que en el barrio Chaupimolino, la fuente de agua se encuentra dentro de la hacienda Chantag, en el interior de la cual se desarrollan actividades de recreación y turismo muy cerca del centro de la parroquia. (GAD Pifo, 2018)

En Sigsipamba el punto de captación se ubica en una zona alta de páramo donde está rodeada de pastizales, pequeños bosques de polylepis y pequeñas elevaciones donde se desarrollan actividades de turismo. Para ingresar al punto de captación se realizó una caminata de tres horas aproximadamente. De la captación se conduce el agua a través de una línea de conducción hasta un tanque de almacenamiento, que a su vez cuenta con un tanque de cloración, recorriendo zonas de cultivos y cría de ganado. (GAD Pifo, 2018)

En el barrio La Virginia la vertiente que suministra agua descende hasta un pozo. Su ubicación es relativamente cercana y se puede acceder a ella sin mayor dificultad con un recorrido de treinta minutos desde el ingreso al barrio, sin embargo, está rodeada por cerramientos y su seguridad es responsabilidad de un encargado de la comunidad. (GAD Pifo, 2018)

Para el barrio “El Inga” la vertiente se encuentra en la quebrada Coricolima, donde se evidenció que la toma de agua es susceptible de contaminación por materia orgánica como hojas y ramas o por ingreso de insectos u otros animales. A lo descrito se suma que la tubería que recibe el caudal se encuentra colocada sin mayor seguridad y es sujeta únicamente por piedras propias del lugar. Para acceder al punto de captación se realiza un recorrido de treinta minutos, aproximadamente, desde el ingreso al barrio, con una caminata final de cinco minutos para ingresar a la vertiente. (GAD Pifo, 2018)

Finalmente, la vertiente que abastece a la Junta Administradora del barrio “La Cocha” se encuentra en una zona alta rodeada por exuberante vegetación, cuyo acceso requiere de un recorrido de una hora aproximadamente hasta el pozo de captación. Se destaca que el cuidado y la medición del caudal son controlados de forma periódica por un encargado de la Junta administradora de Agua Potable. (CAPSERVS MEDIOS, 2015)

1.4.2. Tanque de cloración

Aguas abajo del punto de captación, en cada uno de los barrios, se encuentran respectivamente los tanques destinados al proceso de desinfección por medio de la adición de cloro; ya sea cloro gas, pastillas o cloro líquido. Este proceso tiene como finalidad la eliminación de agentes patógenos microbiológicos que pudieran causar enfermedades de carácter hídrico en los habitantes de cada barrio. (INEN 1108,2014)

Los tanques de cloración en cada barrio se encuentran resguardados por cerramientos y existe una persona encargada de la seguridad y el control del proceso de desinfección.

A pesar de que cada Junta Administradora cuenta con las estructuras básicas para realizar el proceso de cloración, se evidenció que solo en los Barrios Chaupimolino y Sigsipamba se realiza la desinfección. Los barrios: El Inga, La Virginia y La Cocha al momento de la inspección y toma de muestras no realizaban el proceso de cloración. Se manifestó que la ausencia del proceso se debía a la falta de suministros, específicamente cloro. (GAD Pifo, 2018)

Para el caso del Barrio Chaupimolino la cloración se lleva a cabo mediante la adición de hipoclorito de sodio. (GAD Pifo, 2018) La Junta de Sigsipamba realiza la cloración mediante hipoclorito de 200 g. Al momento de la inspección se constató que el dosificador contaba con tres pastillas de cloro.

1.4.3. Punto final usuario

Finalmente, en cada barrio la toma de muestra se efectuó en el punto de ingreso del agua al usuario.

1.5. Introducción al Muestreo

El muestreo constituyó uno de los procesos más importantes dentro de la evaluación de la calidad del servicio de agua potable suministrado por las Juntas Administradoras. Se llevó a cabo mediante la recolección de una porción de agua, que permitió los análisis de todas las propiedades físicas, químicas y microbiológicas. (INEN 2169, 1998)

Durante la planificación del muestreo fue indispensable considerar los aspectos físicos, geográficos y de acceso de los puntos de muestreo, de forma que se prevea cualquier tipo de inconveniente que pueda existir al momento de realizar la toma de muestras.

Una vez realizado el muestreo, el cuidado y preservación de las muestras son responsabilidad directa del equipo muestreador, su correcta ejecución permitirá una mayor validez y confiabilidad de los resultados que se obtenga luego de la ejecución de los análisis.

Las muestras obtenidas fueron analizadas y los resultados permitieron la determinación de la calidad física, química y microbiológica del recurso hídrico mediante la comparación con la legislación ambiental correspondiente para finalmente establecer medidas para la restauración, preservación o control de la calidad del agua según corresponda.

2. Metodología para la caracterización de las aguas

La metodología aplicada para la caracterización de fuentes de agua natural se estableció en base a la normativa vigente INEN 2176 Muestreo. Técnicas de Muestreo, que aseguran la obtención de los datos necesarios para la determinación de la calidad en muestras de agua destinadas para consumo humano. (INEN 2176,1998)

Adicional a las técnicas de muestreo también se hizo énfasis en la ejecución de las medidas de transporte y preservación de las muestras establecidas en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras. Estas medidas fueron tomadas en cuenta con la finalidad de disminuir posibles accidentes de contaminación o pérdida de las muestras en dichos procesos, de esta manera se garantiza la confiabilidad de los resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos. (INEN 2169, 1998)

2.1 Equipo y materiales para la ejecución del muestreo

Es responsabilidad del equipo muestreador considerar antes, durante y después de cada salida de campo el equipo de medición y los elementos necesarios para la toma, conservación y transporte de las muestras. Así mismo es responsable del manejo, cuidado y retorno de los equipos en perfecto estado a las instalaciones del laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental.

Respecto a la selección de los recipientes utilizados en el muestreo, se consideraron los criterios mencionados en la Norma INEN 2176: Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo, en la que enfatiza que los envases deberán evitar la contaminación de la muestra e interferencias con los análisis, ser de fácil limpieza y ser elaborados en un material inerte tanto química como biológicamente. (INEN 2176,1998)

Tabla 2 Equipos y materiales de muestreo

Equipos	Materiales	
pHmetro	Cooler	Jarra
Sonda de Oxígenos	Botellas ámbar de 500	Cuerda
Disuelto	ml	
Turbidímetro	Hielo	Etiquetas de identificación
Conductímetro	Pilas	Jarra
	Frascos estériles	Winkler

2.2 Tipos de muestras

Para el análisis de calidad de agua se cumplió con el procedimiento para la obtención de muestras de los diferentes puntos previamente establecidos. El volumen de las muestras por cada punto fue de dos litros, el cual fue calculado con el fin de abastecer la cantidad total de agua requerida en los análisis físicos, químicos y microbiológicos planificados. Además, se tomó en cuenta el volumen adicional en caso de requerir ensayos duplicados.

La muestra puntual corresponde al tipo de muestra recomendada en la Norma INEN 2176: Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo, donde entre otros puntos se determina que para un volumen no uniforme del que se busque estimar la calidad límite o promedio de la fuente de agua, la muestra puntual resulta ideal. (INEN 2176,1998)

2.3 Aplicación de procedimientos estandarizados de muestreo

La aplicación de las técnicas de muestreo, se basó en la norma técnica ecuatoriana INEN 2176: Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo, la cual establece guías de muestreo utilizadas para la obtención de datos para los análisis de control de calidad de agua natural. (INEN 2176,1998)

Es así como entre las consideraciones más importantes se menciona que para los ensayos físicos, químicos y microbiológicos se deberá separar la muestra en envases diferentes, ya que para cada tipo de análisis el procedimiento de toma y preservación de la muestra varía. (INEN 2176,1998) En este punto cabe mencionar que se tuvo especial cuidado en diferenciar y etiquetar cada envase de acuerdo con el tipo de parámetro, especialmente la muestra de agua destinada para el ensayo microbiológico, evitando contaminación por cualquier factor externo que pudiera alterar los resultados.

Para la identificación de las muestras, las etiquetas de cada recipiente contaron con la información necesaria de los puntos de muestreo. En la **Figura 2** se presenta el modelo de la etiqueta utilizada para rotular cada uno de los envases.

Escuela Politécnica Nacional – Etiqueta de Identificación			
Parroquia Pifo			
Barrio/ Junta de agua:		N° de muestra:	
Punto de muestreo:		Responsable:	
Tipo de análisis:		Fecha/ hora:	

Figura 2 Etiqueta de identificación para los recipientes

Durante el muestreo se cumplieron las medidas necesarias para evitar el contacto entre la muestra y el muestreador e impedir el ingreso de nuevos contaminantes. Se colocó la etiqueta de identificación en cada uno de los envases y se llevó un registro de los parámetros medidos *in situ*.

2.4 Procedimiento de toma de muestras para análisis físicos, químicos y microbiológicos

Teniendo en cuenta la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN tanto para Técnicas de muestreo como para Manejo y conservación de muestras, el procedimiento de muestreo en cada una de las Juntas Administradoras de agua potable consistió en:

Preparar los equipos y materiales necesarios para el día y la hora de la ejecución del muestreo.

Para la toma de muestras:

- 1) Homogenizar las botellas de dos a tres veces con el agua propia del punto a ser analizado.
- 2) **Para los parámetros físico-químicos:** llenar las botellas hasta el tope agregando ácido clorhídrico para la preservación de la muestra
- 3) **Para muestras de aguas cloradas:** con una pipeta pasteur de añadió tres gotas tiosulfato de sodio al 1%. (INEN 2169,1998)
- 4) **Para parámetros microbiológicos:** el recipiente se llenó hasta el 70 % de la capacidad sin ningún tipo de perseverantes. Los análisis fueron realizados en el menor tiempo posible.
- 5) Se colocó la respectiva etiqueta de identificación a cada recipiente.
- 6) Se almacenó y preservó las botellas en el “cooler” con hielo para su posterior transporte hasta el laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional.

2.5 Transporte y preservación de las muestras

Para el transporte y preservación de las muestras se utilizaron los criterios establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras, la cual determina las precauciones generales y las técnicas más utilizadas durante el transporte y preservación desde el lugar de recolección del agua hasta el laboratorio donde se conservarán para su posterior uso. (INEN 2169,1998)

Cabe destacar que las medidas de preservación son indispensables durante el proceso, ya que por naturaleza el agua que es recolectada tiende a cambiar sus características desde el

momento mismo en que es captada. De no preservar las muestras de forma correcta durante el transporte y el tiempo que permanezca en el laboratorio, los resultados podrían variar significativamente en comparación a los resultados que se obtendrían si los ensayos se realizarán el mismo día de toma de la muestra. (INEN 2169,1998)

Para la selección de la técnica de preservación es importante identificar el tipo de parámetro al cual será destinada la muestra, ya que los preservantes pueden alterar las concentraciones de ciertos elementos contenidos en el agua. Adicionalmente existen otros factores como la luz, temperatura, naturaleza del recipiente, tiempo entre toma de muestra y análisis, que pueden incrementar la variación de los resultados.

Las muestras de agua cruda de las fuentes de captación y el agua ya potabilizada fueron almacenadas con facilidad ya que son menos susceptibles a las reacciones biológicas. (INEN 2169,1998) Los envases fueron refrigerados durante el tiempo que tomó concluir con la totalidad de los análisis.

Los ensayos fueron realizados dentro del menor tiempo posible, es decir dentro de las siguientes veinte y cuatro horas de haber realizado la toma de muestras; para su preservación se tuvieron en cuenta ciertas medidas:

En cuanto a la preparación de los recipientes destinados a parámetros químicos se realizó el lavado con una solución 1 mol/l de ácido clorhídrico y posteriormente el enjuague con agua destilada. En cambio, para los análisis microbiológicos, los envases fueron nuevos, completamente inertes y libres de ácidos. (INEN 2169,1998)

Para el caso de las muestras de agua que contenían cloro se utilizó tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) para eliminar la inactivación de las bacterias. (INEN 2169,1998)

De igual manera se tuvo especial atención en el nivel de llenado de las botellas, de forma que para los parámetros fisicoquímicos el llenado del envase fue completo, evitando en lo posible la presencia de aire. Para los análisis microbiológicos el llenado de los recipientes fue a nivel medio de forma que mantenga el aire, se logró la disolución de O_2 . (INEN 2169,1998)

Para el transporte de las muestras, las botellas fueron trasladadas en un *cooler*, cubiertas de hielo para preservarlas en un ambiente fresco, evitando la exposición a la luz y cuidadosamente colocadas de forma que evite el choque entre los recipientes que pueda causar roturas y pérdida de las muestras. Una vez en el laboratorio, las muestras fueron

preservadas bajo refrigeración evitando el contacto con sustancias que pudieran contaminar los recipientes.

2.6 Parámetros analizados

Para el diagnóstico de la calidad de agua de las Juntas Administradoras se analizaron un total de veinte y dos parámetros. Siete parámetros *in situ* y quince en laboratorio, de estos últimos trece fueron realizados en el laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental y dos en el laboratorio de control de calidad ambiental *Chavez Solutions*, utilizando para su desarrollo el *Standard MethodsTM* para análisis de agua.

Los parámetros correspondientes a metales pesados zinc y cadmio se los realizó de forma externa, ya que en el laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental no se contaba con los reactivos necesarios para su ejecución. Se transportaron las muestras hasta las instalaciones del laboratorio de control de calidad ambiental *Chavez Solutions* y se realizaron los análisis mediante el método de absorción atómica por llama.

Este método permite determinar concentraciones mediante una curva de calibración. Para obtener esta curva es necesario contar con la solución estándar de 1000mg/l de cada uno de los elementos a analizar.

Para el Zinc el rango de detección será de 0.01 a 1.5 mg/l de zinc, y para cadmio de 0.025 a 3.0 mg/l en las muestras de agua. (Federation, 2005)

A continuación, en la **Tabla 3** se detallan los parámetros que fueron realizados tanto *in situ* como en los laboratorios de Ingeniería ambiental y en *Chavez Solutions*.

Tabla 3 Parámetros físicos, químicos y microbiológicos

<i>In situ</i>	laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental	laboratorio de control de calidad ambiental Chavez Solution
Conductividad	Aluminio	Demanda Química de Oxígeno (DQO)
Salinidad	Hierro	Sólidos totales
Temperatura del agua	Cobre	Color aparente
Temperatura del ambiente	Manganeso	Coliformes fecales
pH	Nitratos	Sólidos suspendidos
Oxígeno disuelto	Fosfatos	Nitritos
Turbidez	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	Color aparente

2.7 Indicadores físicos

Tabla 4 Indicadores físicos

PÁRAMETROS IN SITU	Conductividad	La conductividad es la capacidad de una sustancia para conducir la corriente eléctrica, también puede mostrarse como un indicador de la calidad del agua dulce.
	Temperatura	La temperatura es una propiedad física que se ve afectada por la radiación solar e influenciada en los procesos de fotosíntesis, desarrollo y producción de las plantas. Determina la concentración del oxígeno disuelto, gases y minerales.
	Turbidez	Es una propiedad que resulta de la presencia de sedimentos que se mantienen en suspensión. Se la puede deducir por medio de la vista o pasando la muestra a través de un haz de luz.

Fuente: (Jiménez, 2013)

Continuación **Tabla 4** Indicadores físicos

PARÁMETROS DE LABORATORIO	Sólidos totales	Los sólidos hacen referencia a la materia suspendida o disuelta en un líquido. Los sólidos totales incluyen la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta.
	Sólidos suspendidos	Los sólidos suspendidos corresponden a la cantidad de material (sólidos) que se queda retenido después de realizar una filtración con un volumen conocido de agua. Este indicador es importante ya que su presencia disminuye el paso de la luz a través del agua, evitando su actividad fotosintética en las corrientes, importante para la producción de oxígeno.

Fuente: (Jiménez, 2013)

2.8 Indicadores químicos

Tabla 5 Indicadores químicos

PÁRAMETROS IN SITU	pH	El potencial de hidrógeno (pH) es la medida de la actividad ion hidrógeno. Mediante este parámetro se determina si el agua es alcalina o ácida, la escala de pH varía entre 0 a 14 siendo el valor 7 neutral. En el sistema de abastecimiento el pH es el parámetro más controlado para evitar la corrosión en las líneas de conducción, incluso en los procesos de potabilización de agua.
	Salinidad	Es la cantidad de iones disueltos en una muestra líquida por ejemplo carbón, sulfato y calcio.
	Oxígeno disuelto	Proviene del proceso de fotosíntesis de las plantas acuáticas liberando el oxígeno, una concentración de 5 mg/l sostiene la vida acuática en lo cuerpos de agua superficial y concentraciones menores a 3 mg/L pueden ser letales. En la norma Ecuatoriana TULSMA “la concentración de O.D no tiene que ser menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l”
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Es la cantidad de materia orgánica que se encuentra contenida en una muestra de agua susceptible a ser oxidada por medio de reactivos químicos oxidantes sin la intervención de microorganismos vivos.

Fuente: (Jiménez, 2013)

Continuación **Tabla 5** Indicadores químicos

PARÁMETROS DE LABORATORIO	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para degradar la materia orgánica presentes en las aguas.
	Aluminio	Este elemento se encuentra en abundancia en la corteza terrestre. En las aguas naturales se puede encontrar este elemento como sal soluble, los medios acuáticos pueden contaminarse con este elemento por las descargas de las industrias, minería o canteras.
	Hierro	Es un metal gris- plateado excelente conductor de electricidad, no se encuentra habitualmente en la naturaleza pero si en los suelos y en las aguas superficiales a causa de la escorrentía y la formación de sedimentos.
	Manganeso	El manganeso es un elemento que no es nocivo para la salud, pero puede darle un color y olor indeseables al agua. Un problema que puede acarrear el exceso de manganeso es la acumulación que forma una baba de color café-negro que puede restringir las líneas de conducción de agua, reducción de la presión del agua y por consecuente pérdida de la energía.
	Cobre	El cobre es un elemento importante para el proceso de fotosíntesis de las plantas y forma parte de la composición de la plastocianina, el 70% de cobre está en la clorofila, el desequilibrio de cobre en el organismo puede producir enfermedades hepáticas conocida como enfermedad de Wilson.
	Color	El color se asocia a las sustancias en solución (color verdadero) o las sustancias en suspensión (color aparente), la diferencia radica en que el primero se obtiene de una muestra filtrada mediante una membrana de 0.45 μm , el segundo se realiza directamente sobre la muestra.
	Fosfatos	Los fosfatos son sales del ácido fosfórico, tienen en común un átomo de fósforo rodeado de cuatro átomos de oxígeno, para realizar el análisis de fosfatos se realiza fósforo total luego se multiplica por un factor para obtener el resultado.
	Nitratos	Es un compuesto inorgánico que está formado por la ionización del ácido nítrico (HNO_3). El nitrato no es peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito (NO_2^-) que afecta a las fuentes subterráneas en áreas rurales. En el agua potable este elemento debe ser controlado principalmente porque niveles excesivos pueden provocar metahemoglobinemia o la enfermedad de los bebés azules.

Fuente: (Jiménez, 2013)

Continuación **Tabla 5** Indicadores químicos

PARÁMETROS DE LABORATORIO	Nitritos	Los nitritos pueden formar sales o ésteres a partir del ácido nitroso (HNO ₂). En la naturaleza aparecen mediante la oxidación biológica de las aminas (derivados del amoníaco) y del amoníaco o por reducción del nitrato en condiciones anaerobias, en las industrias se lo obtiene mediante disolver (N ₂ O ₃) en disoluciones básicas.
	Cloro residual	El cloro es un agente utilizado para la desinfección del agua para consumo humano, debido a que es responsable de la destrucción de los agentes patógenos (bacterias) y compuestos que causan mal sabor gracias a su carácter de oxidación. Su adquisición es económicamente favorable para la industria de potabilización de agua, es fácil de controlar y suministrar. En redes de distribución es primordial mantener una dosis baja ya que el exceso de la misma perjudica al sabor del agua.
	Cadmio	El cadmio es un elemento que es muy cotizado en la metalurgia, principalmente en recubrimientos anticorrosivos, para pinturas, cerámicas y plásticos. El cadmio puede ser ingerido por dos maneras: ya sea por el agua o por la inhalación de humo de los cigarrillos, puede causar daños severos a los pulmones.
	Zinc	El zinc es un elemento químico esencial para los seres humanos y ciertos animales. El cuerpo humano debe tener 40 mg de zinc por cada kg. El agua potable también contiene pequeñas cantidades de zinc cuando se almacena en tanques de metal. Sin embargo, el consumo excesivo lleva a tener pérdida de apetito, disminución de la sensibilidad, el sabor y el olor.

Fuente: (Jiménez, 2013)

2.9 Indicadores microbiólogos

Tabla 6 Indicadores microbiólogos

PARÁMETROS DE LABORATORIO	Coliformes Totales	Son todas las bacterias gram-negativas en forma bacilar, aerobias o facultativas. Entre las especies de coliformes que usualmente se encuentran en aguas contaminadas son <i>escherichia coli</i> , <i>citrobacter</i> , <i>enterobacter</i> y <i>klebsiella</i> .
	Coliformes Fecales	Es aquel grupo de bacterias que soportan temperaturas hasta de 45°C, son capaces de fermentar la lactosa a las 24 horas de incubación a una temperatura de 44 a 44.5°C. Este grupo no incluye una especie determinada, sin embargo la que prevalecerá es la <i>escherichia coli</i> y algunas cepas de <i>citrobacter</i> , <i>enterobacter</i> y <i>klebsiella</i> .

Fuente: (Jiménez, 2013)

2.10 Porcentaje de oxígeno disuelto

Según (Urrutia, 2014) la **Tabla 7** contiene los criterios de niveles de O.D, mediante los cálculos se establecerá el porcentaje de saturación de O.D con la siguiente fórmula.

Tabla 7 Niveles de O.D

Nivel de OD	OD
Supersaturación	≥ 101%
Excelente	90 - 100%
Adecuado	80 – 89%
Aceptable	60 – 79%
Pobre	<60%

Fuente: (Urrutia, 2014)

Columna	A	B	C	D	E
Lectura	Oxígeno disuelto (mg/l) (tomado en campo)	Temperatura del agua (°c) (tomado en campo)	Presión atmosférica (mmHg)	100% Oxígeno disuelto (mg/l)	Porcentaje de saturación (%)
Ejemplo	8.2	18.4°	760	9.5	86%

$$\frac{A}{D} * 100 \rightarrow \text{Porcentaje de saturación}$$

- A. Registrar la lectura de oxígeno disuelto que se tomó en campo con la sonda.
- B. Registrar la temperatura del agua que se tomó en campo.
- C. Registrar la presión atmosférica o la altitud conocida (mirar ANEXO VIII).
- D. Del ANEXO VIII, registrar el valor 100% de oxígeno disuelto usando la temperatura tomada en campo y la presión atmosférica.

2.11 Índice de calidad del agua

Se realizara un análisis mediante un Índice de Calidad del Agua (ICA), con el objetivo de cuantificar la calidad del recurso hídrico por medio de escalas de calificación, el agua contaminada tendrá un resultado ICA \approx 0%, en el caso de que el agua este en óptimas condiciones tendrá un valor de ICA \approx 100%.(Vega, 2009)

Parámetros considerados para determinar el ICA global

A continuación en la Tabla 8 se presentan los parámetros que se requieren para el cálculo del ICA global y sus respectivas ponderaciones, en el caso de no tener el dato de un parámetro se considerara un coeficiente de ponderación nulo para el parámetro correspondiente en la evaluación del ICA. (Vega, 2009)

Tabla 8 Parámetros del ICA: Importancia relativa

Parámetro	Importancia (W_i)
pH	1.0
Color	1.0
Turbiedad	0.5
Grasas y aceites	2.0
Sólidos suspendidos	1.0
Sólidos disueltos	0.5
Conductividad eléctrica	2.0
Alcalinidad	1.0
Dureza total	1.0
Nitrógeno de nitratos	2.0
Nitrógeno amoniacal	2.0
Fosfatos totales	2.0
Cloruros	0.5
Oxígeno disuelto	5.0
DBO	5.0
Coliformes fecales	3.0
Coliformes totales	4.0
SAAM (tensoactivos)	3.0

Fuente: (Vega, 2009)

El ICA se desarrollará con los siguientes pasos:

1. Crear una escala de calificación en base a los diferentes usos del agua
2. Desarrollar una escala de calificación para cada indicador estableciendo una correlación entre los diferentes parámetros y su influencia en el grado de contaminación
3. Formular modelos matemáticos para cada parámetro
4. Finalmente los índices son promediados por parámetro, con el fin de obtener el ICA de cada junta

NOTA: *Ciertos parámetros son más significativos que otros que influyen en la calidad del agua, se dará un peso o factor de ponderación (W_i) según su orden de importancia. (Vega, 2009)*

Para calcular el ICA global se utilizará la siguiente fórmula:

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i * W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Dónde: ICA: Índice de Calidad del Agua global
 I_i = índice de calidad para el parámetro i
 W_i = coeficiente de ponderación del parámetro i
 n = número total de parámetros

Ecuaciones según el parámetro:

- **Potencial de Hidrógeno (pH)**

$I_{pH} = 10^{0.2335pH+0.44}$	Si el pH es menor a 6.7
$I_{pH} = 100$	Si el pH esta entre 6.7 y 7.3
$I_{pH} = 10^{4.22-0.293pH}$	Si el pH es mayor que 7.3

- **Color**

Para concentraciones menores a 2.018 unidades de Pt-Co se asignará el valor de ICA igual a 100%

$$I_C = 123(C)^{-0.295}$$

- **Turbidez**

Para concentraciones menores a 1.54 UTJ (29.26 NTU) se asignará un valor de ICA de 100%
1 UTJ= 19 NTU

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

- **Sólidos suspendidos**

Para concentraciones menores de 14.144 mg/L se asignará un valor de ICA de 100%

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

- **Conductividad eléctrica**

Para concentraciones menores a 85.60 uS/cm se asignará un ICA de 100%

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

- **Oxígeno Disuelto**

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

(OD) Oxígeno Disuelto en mg/L y a T de campo (T_c)

(Oxígeno Disuelto)_{sat} mg/L de saturación $T_{sat} = T_c$

- **Fosfatos**

Se asignará un valor de ICA de 100% para concentraciones menores o iguales a 0.0971 mg/L

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

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Se asignará un ICA de 100% para concentraciones menores o iguales a 1.311 mg/L

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

- **Coliformes totales**

Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%

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

- **Coliformes fecales**

Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%

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

Una vez obtenido los resultados se someterán a una clasificación por medio de un rango del ICA de acuerdo a un criterio general

Rango de clasificación del ICA de acuerdo al criterio general

Una vez obtenido el ICA Global se establecerá que Junta Administradora de Agua tiene la mejor calidad por medio de la **Tabla 9**.

Tabla 9 Rango de clasificación del ICA al criterio general

ICA	CRITERIO GENERAL
85-100	No contaminado
70-84	Aceptable
50-69	Poco contaminado
30-49	Contaminado
0-29	Altamente contaminado

Fuente: (Vega, 2009)

2.12 Procedimientos- parámetros físicos, químicos y microbiológicos

Tabla 10 Procedimientos- parámetros físicos, químicos y microbiológicos

PARÁMETROS	MÉTODO DE ANÁLISIS/ PRECEDIMIENTO
Sólidos Totales	<p>Método: Gravimétrico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Registrar el peso inicial de un crisol previamente tarado • Medir 50 ml de la muestra y colocar en el crisol • Colocar el crisol en la estufa a 105 °C y evaporar hasta sequedad • Llevar el crisol al desecador y dejar que se enfríe hasta temperatura ambiente • Registrar el nuevo peso del crisol
Sólidos suspendidos	<p>Método: Gravimétrico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Filtro 1.2 micrómetros • Armar el equipo de filtración al vacío • Registrar el peso del papel filtro • Filtrar 100 ml de muestra • Colocar el filtro en la estufa a 105 °C durante dos horas • Llevar el filtro al desecador y permitir que se enfríe a temperatura ambiente • Registrar el nuevo peso del papel filtro
Color aparente	<p>Método Espectrofotometría ultravioleta</p> <p>Reactivos Agua destilada</p> <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colocar 10 ml de la muestra en una celda • Colocar 10 ml de agua destilada en una celda (este será el blanco) • Encerar el espectrofotómetro con el blanco se utilizara una longitud de onda de 455nm • Efectuar la lectura de la muestra.
Aluminio	<p>Método: Espectrofotometría ultravioleta</p> <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ácido ascórbico Power Pillow • AluVer 3 en polvo Reagent Power Pillow • Bleaching 3 Reagent Power Pillow <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presionar programas almacenados • Seleccionar el análisis 10 • Llenar una probeta de 50 ml con la muestra y añadir un sobre de ácido ascórbico • Tapar e invertir varias veces hasta que se disuelva el polvo • Agregar un sobre de AluVer 3 en polvo Reagent Power Pillow tapar. Se desarrollará un color rojo anaranjado a naranja si el aluminio está presente • Invertir repetidamente durante un minuto hasta disolver el polvo. <p>Preparación del blanco</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colocar 10 ml de la mezcla en una celda y añadir un sobre de reactivo Bleaching 3 Reagent. • Agitar la celda durante 30 segundos. La solución debe tomar un ligero color naranja. • Dejar actuar durante 15 minutos <p>Preparación de la muestra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colocar 10 ml con la solución de la probeta en una segunda celda. • Cinco minutos después que el tiempo termine limpiar y secar del blanco y colocar en el soporte y encerar. • La pantalla mostrará 0.000 mg/ l Al³⁺ • Limpiar y secar la muestra preparada y colocar en el soporte de celda. • Presionar leer y registrar los resultados en mg/ l Al³⁺

Fuente: (American public health association, 1989)

Continuación **Tabla 11** Procedimientos- parámetros físicos, químicos y microbiológicos

PARÁMETROS	MÉTODO DE ANÁLISIS/ PROCEDIMIENTO
Hierro	<p>Método: Espectrofotometría ultravioleta Reactivos FerroVer Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presione programas almacenados • Seleccionar el análisis 265 <p>Preparación de la muestra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colocar 10 ml de la muestra en una celda y añadir un sobre de reactivo FerroVer Iron. • Agitar hasta que se mezcle. Un color naranja se presentará si el hierro está presente en la muestra. • Dejar reaccionar por tres minutos <p>Preparación del blanco</p> <ul style="list-style-type: none"> • Llenar una segunda celda con 10 ml de la muestra. • Cuando el tiempo termine limpiar y secar el blanco, colocar en el soporte de celda y encerrar. • La pantalla mostrará 0.00 mg/ Fe • Colocar la muestra preparada en el soporte de la celda. • Presionar leer y registrar los resultados en mg/ l Fe.
Cobre	<p>Método: Espectrofotometría ultravioleta Reactivo cobre CuVer 1 Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presionar programas almacenados • Seleccionar el análisis 135 <p>Preparación de la muestra Colocar 10 ml de la muestra en una celda y añadir un sobre de reactivo cobre CuVer 1</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agitar la celda hasta que se mezcle el reactivo con la muestra • Dejar actuar durante 2 minutos. <p>Preparación del blanco</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuando el tiempo termine llenar una segunda celda con 10 ml de la muestra. • Limpiar y secar el blanco y colocar en el soporte de celda y encerrar. • La pantalla mostrará 0.00 mg/ l Cu • Treinta minutos después de que el tiempo expire insertar la muestra preparada en el soporte de la celda. • Presionar leer y registrar los resultados en mg/ l Cu
Manganeso	<p>Método: Espectrofotometría ultravioleta Reactivos Buffer power pillow citrate type for Manganese Sodium Periodate power pillow Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presionar programas almacenados • Seleccionar el análisis 295 <p>Preparación de la muestra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colocar 10 ml de la muestra en una celda y agregar el contenido de un sobre de Buffer citrate type for Manganese • Tapar e invertir hasta que se mezcle • Añadir el contenido de un sobre de Sodium Periodate • Tapar e invertir hasta que se mezcle • Un color violeta se presentará si el manganeso está presente en la muestra. • Dejar reaccionar por 2 minutos <p>Preparación del blanco</p> <ul style="list-style-type: none"> • Llenar una segunda celda con 10 ml de la muestra • Cuando el tiempo termine limpiar y secar el blanco, colocar en el soporte de celda y encerrar. • La pantalla mostrará 0.00 mg/ Mn • Ocho minutos después de que el tiempo expire insertar la muestra preparada en el soporte de la celda. • Presionar leer y registrar los resultados en mg/ l Mn

Fuente: (American public health association, 1989)

Continuación **Tabla 12** Procedimientos- parámetros físicos, químicos y microbiológicos

PARÁMETROS	MÉTODO DE ANÁLISIS
Nitratos	<p>Método: Espectrofotometría ultravioleta Reactivo NitraVer 5 Nitrate Reagent power pillow Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presionar programas almacenados <p>Seleccionar el análisis 353 Preparación de la muestra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colocar 10 ml de la muestra en una celda y agregar el contenido de un sobre de reactivo NitraVer 5. • Tapar y agitar vigorosamente la celda durante 1 minuto. • Dejar que reaccione durante 5 minutos. • Un color ámbar se presentará si existen nitratos presentes en la muestra <p>Preparación del blanco Cuando el tiempo termine llenar una segunda celda con 10 ml de la muestra</p> <ul style="list-style-type: none"> • limpiar y secar el blanco, colocar en el soporte de celda y encerrar. • La pantalla mostrará 0.000 mg/ l NO₃ =N • Dos minutos después de que el tiempo expire insertar la muestra preparada en el soporte de la celda. • Presionar leer y registrar los resultados en mg/ l NO₃ =N
Nitritos	<p>Método: Espectrofotometría ultravioleta Reactivo</p> <ul style="list-style-type: none"> • NitriVer 3 Nitrite Reagent power pillow <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presionar programas almacenados • Seleccionar el análisis 371 <p>Preparación de la muestra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colocar 10 ml de la muestra en una celda y agregar el contenido de un sobre de reactivo NitriVer 3. • Tapar y agitar para que se disuelva completamente. • Un color rosado se presentará si existen nitritos presentes en la muestra • Dejar reaccionar por 20 minutos <p>Preparación del blanco</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuando el tiempo termine llenar una segunda celda con 10 ml de la muestra • Limpiar y secar el blanco, colocar en el soporte de celda y encerrar. • La pantalla mostrará 0.00 0 mg/l NO₂ =N • Limpiar y secar la muestra preparada e insertar en el soporte de la celda. • Presionar leer y registrar los resultados en mg/ l NO₂ =N
Fosfatos	<p>Método: Espectrofotometría ultravioleta Reactivo</p> <ul style="list-style-type: none"> • PhosVer 3 phosphate <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presionar programas almacenados • Seleccionar el análisis 490 <p>Preparación de la muestra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colocar 10 ml de la muestra en una celda y agregar el contenido de un sobre de reactivo PhosVer 3 phosphate • Tapar y agitar vigorosamente durante 30 segundos • Dejar reaccionar por 2 minutos <p>Preparación del blanco</p> <ul style="list-style-type: none"> • Llenar una segunda celda con 10 ml de la muestra • Cuando el tiempo termine limpiar y secar el blanco, colocar en el soporte de celda y encerrar • La pantalla mostrará 0.00 0 mg/l PO₄³⁻ • Limpiar y secar la muestra preparada e insertar en el soporte de la celda. • Presionar leer y registrar los resultados en mg/ l mg/l PO₄³⁻

Fuente: (American public health association, 1989)

Continuación **Tabla 13** Procedimientos- parámetros físicos, químicos y microbiológicos

PARÁMETROS	MÉTODO DE ANÁLISIS/ PROCEDIMIENTO
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	<p>Método: Respirométrico OxyTop</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pastillas de (NaOH) • Inhibidor de nitrificación <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la DBO₅ esperada de las muestras de agua • Medir el volumen de muestra requerido para el rango de medida calculado, con la mayor exactitud posible • Llenar la botella con el volumen determinado y colocar una barra de agitación magnética en su interior. • Colocar el inhibidor de nitrificación en proporción de 20 gotas por litro de muestra • Colocar el receptáculo de caucho en el cuello de la botella e insertar en el mismo dos pastillas de NaOH usando pinzas. • Colocar la cabeza del Oxi Top a la botella atornillándola cuidadosamente • Oprimir los botones S y M simultáneamente durante dos segundos para encender el equipo • Colocar las botellas en la bandeja de agitación del equipo e incubar a 20 °C durante 5 días. <p>Lectura de medidas</p> <p>Botón M: despliega el valor actual de la medida</p> <p>Botón S: se mostrará un guión en la pantalla al oprimir de nuevo el botón aparecerá el número 1 (día 1) seguidamente el valor de medida correspondiente. Presionando nuevamente este botón se obtendrá el valor de los días sucesivos</p>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	<p>Método: Digestor Hach</p> <ul style="list-style-type: none"> • Viales preparados <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Precalear el digestor de la DQO a 150°C. • Verter con una pipeta 2 ml de muestra • Tapar herméticamente y agitar • Colocar el vial en el digestor precalentado • Preparar el vial de calibración sustituyendo el agua de muestra por 2 ml agua destilada, calentar los viales durante dos horas a 150 °C. Luego de este tiempo dejar enfriar y retirar cuando la temperatura descienda a 120 °C. • Medir la DQO utilizando el espectrofotómetro HACH. • Colocar el adaptador de viales en la celda del espectrofotómetro HACH • Situar el dial de longitud de onda en 420 para valores bajos • Con el vial de calibración encerrar el espectrofotómetro • Realizar la lectura de los viales que contienen las muestras
Zinc	<p>Método: Espectrofotometría de Absorción Atómica por Llama</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solución estándar de Zinc de 1000 mg/L • Ácido nítrico • Agua acidulada <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Filtrar 100 ml de la muestra y añadir 200ul de ácido nítrico concentrado • Encender el equipo de Absorción atómica por llama y seleccionar la lámpara correspondiente de Zinc • Elaborar la curva de calibración utilizando soluciones estándar de: 0.1 mg/l -0.2 mg/l -0.5 mg/l -1.0 mg/l -2.0 mg/l • Realizar la lectura del estándar de control de 1.0 mg/l • Realizar la lectura de las muestras y registrar el resultado.

Fuente: (American public health association, 1989)

Continuación **Tabla 14** Procedimientos- parámetros físicos, químicos y microbiológicos

PARÁMETROS	MÉTODO DE ANÁLISIS/PROCEDIMIENTO
Cadmio	<p>Método: Espectrofotometría de Absorción Atómica por Llama</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solución estándar de cadmio de 1000 mg/L • Ácido nítrico • Agua acidulada <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Filtrar 100 ml de la muestra y añadir 200ul de ácido nítrico concentrado • Encender el equipo de Absorción atómica por llama y seleccionar la lámpara correspondiente de Cadmio • Elaborar la curva de calibración utilizando soluciones estándar de 0.02 mg/l -0.05 mg/l -0.10- mg/l 0.5- mg/l 1.0 mg/l. • Realizar la lectura del estándar de control de 1.0 mg/l • Realizar la lectura de las muestras y registrar el resultado.
Coliformes fecales	<p>Método: Número más probable (NMP)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medio EC • Púrpura de bromocresol • Solución tampón A • Fosfato monopotásico (KH₂PO₄) • Solución tampón B • Cloruro de magnesio (MgCl₂6H₂O) <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cada grupo debe preparar cuatro diluciones: 0, 10⁻¹, 10⁻², 10⁻³ • Cada dilución será repetida tres veces • El volumen del caldo requerido para cada dilución es 10 ml <p>PARTE A: Preparación de Agua de dilución Adicionar 1.25 ml de la solución tampón A y 5 ml de la solución tampón B y aforar a 1 L de agua destilada</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solución Tampón A Disolver 34 g de Fosfato monopotásico (KH₂PO₄) en 500 ml de agua destilada, ajustar el pH a 7.2 +/- 0.2 con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 1N y aforar a 1 L • Solución Tampón B Disolver 8.1g de Cloruro de magnesio (MgCl₂6H₂O) en 500 ml de agua destilada y aforar a 1 L <p>PARTE B: preparación de cultivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caldo Lactosado Disolver 13 g del medio y 0.01 g de purpura de bromocresol y aforar a 1 L de agua destilada • Medio EC Disolver 37g del medio hasta 1 L de agua destilada <p>PARTE C: Preparación de diluciones Se requieren inóculos de 1ml en diluciones seriadas submúltiplos de 10, transfiriendo 1 ml de la muestra en 9 ml de agua de dilución y agitando durante 7 segundos sucesivamente hasta conseguir la concentración deseada</p> <p>PARTE D: Procedimiento</p> <p>Prueba presuntiva Transferir 1ml de las diluciones seleccionadas a cada una de las series de tubos con el caldo lactosado e incubar a 35 +/- 0.5 C, durante 24 +/- 2 horas, la acidificación (cambio de color de purpura a amarillo) indica la presencia de coliformes.</p> <p>Prueba confirmativa Los tubos positivos de la prueba presuntiva se re siembra por triple asada en los tubos que contengan el medio EC e incubados a 44.5 +/- 0.2C, en baño maría durante 24 horas. El resultado será positivo cuando hay formación de gas producto de la fermentación.</p>

Fuente: (American public health association, 1989)

3. Resultados

3.1 Introducción sobre los resultados

En las Juntas Administradoras de Agua Sigsipamba, Chaupimolino, El Inga, La Victoria y La Cocha se constató mediante recorrido e inspección visual directa que el recurso hídrico se transporta mediante obras civiles que en su gran mayoría se encuentran en perfectas condiciones; sin embargo, existen algunas observaciones respecto a la colocación y protección de las zonas de captación principalmente en la Junta del Barrio el Inga.

Las líneas de conducción (tuberías) se encuentran en perfecto estado. Cada Junta Administradora de Agua tiene un sistema de abastecimiento básico que consiste en: captación, conducción mediante tuberías hasta el tanque de almacenamiento (tanque de cloración) y una red de distribución que llega a cada usuario. Únicamente la Junta La Cocha tiene tres desarenadores previo al ingreso al reservorio (tanque de cloración).

Todas las Juntas poseen instalaciones para la dosificación de cloro en perfecto estado, sin embargo, tres de las Juntas no contaban con este proceso: El Inga, La Victoria y La Cocha.

De forma general y en base a los análisis físicos- químicos y microbiológicos es posible establecer que la calidad del agua de las Juntas antes mencionadas está dentro de los criterios de aceptabilidad establecidos en las normas TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Libro VI, Anexo 1 Recurso) y la Norma INEN 1108 de Agua potable.

Los resultados de los indicadores químicos están dentro de los límites máximos permisibles. El oxígeno disuelto es muy pobre considerando que Norma establece un porcentaje “No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l” (TULSMA, 2015) y el manganeso sobrepasa el límite máximo permisible.

3.2 Resultados de análisis de calidad de agua en la fuente

Tabla 15 Resultados Calidad de Agua: Fuente- captación

		Sigsipamba	Chauptimolino	El Inga	La Virginia	La Cocha	Unidades	Normativa			
Indicadores Físicos	Parámetros In situ	Conductividad	41,6	196	157,3	49	254,3	uS/cm	-		
		Temperatura	7,3	15,7	12,3	10,2	15	°C	Condición natural +/- 3 grados	TULSMA (Libro Anexo 1, Tabla 2)	VI,
		Turbidez	0,66	0,52	1,06	0,52	0,08	UTN	10	TULSMA (Libro Anexo 1, Tabla 2)	VI,
Indicadores Químicos	Parámetros de Laboratorio	Sólidos totales	0,18	0,16	0,22	0,12	0,19	mg/L	-		
		Sólidos suspendidos	0,06	0,05	0,07	0,04	0,06	mg/L	-		
		DQO	4	0	0	0	0	mg/L	-		
		DBO	2	0	0	0	0	mg/L	2,0	TULSMA (Libro Anexo 1, Tabla 2)	VI,
		Aluminio	0,003	0,003	0	0	****	mg/L	0,1	TULSMA (Libro Anexo 1, Tabla 2)	VI,
		Cobre	0,01	0,02	0,03	0,03	0,1	mg/L	1,0	TULSMA (Libro Anexo 1, Tabla 2)	VI,
		Color Aparente	9	8	3	3	2	Pt-Co	15	INEN 1108:2014	
		Fosfatos	0,15	0	0,66	0,66	0,34	mg/L	-		
		Nitritos	0,015	0,01	0,012	0,012	0,007	mg/L	1	TULSMA (Libro Anexo 1, Tabla 2)	VI,
		Nitratos	6	6,9	2,4	2,4	5,1	mg/L	10,0	TULSMA (Libro Anexo 1, Tabla 2)	VI,
		Cadmio	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	mg/L	0,001	TULSMA (Libro Anexo 1, Tabla 2)	VI,
		Zinc	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	mg/L	5,0	TULSMA (Libro Anexo 1, Tabla 2)	VI,
		Hierro	0	0,002	0,02	0,02	0,01	mg/L	0,3	TULSMA (Libro Anexo 1, Tabla 2)	VI,
		Manganeso	0,6	0,3	0,2	0,2	0,7	mg/L	0,1	TULSMA (Libro Anexo 1, Tabla 2)	VI,
		Indicadores Químicos	Parámetros In situ	pH	7,7	7,73	7,03	7,21	7,85	-	6-9
Salinidad	0			0,1	0,1	0	0,1	ppt	-		
Oxígeno disuelto	5,27			5,75	6,01	6,75	6,2	mg/L	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/L	TULSMA (Libro Anexo 1, Tabla 2)	VI,
Indicadores Microbiológicos	Coliformes Totales	Coliformes Totales	0	0	0	0	0	nmp/100ml	50*	TULSMA (Libro Anexo 1, Tabla 2)	VI,
		Coliformes Fecales	0	0	0	0	0	0	nmp/100ml	-	

Los valores que están resaltados con color rojo están fuera de los límites máximos permisibles de la Tabla 2 del TULSMA (Libro VI, Anexo 1)

**** Fuera del rango de detección

¹⁾ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos

*Cuando se observe que más del 40% de las bacterias coliformes representadas por el Índice NMP, pertenecen al grupo coliforme fecal, se aplicará tratamiento convencional al agua a emplearse para el consumo humano y doméstico.

Tabla 16 Resultado esperado del nivel de O.D. (Fuente)

FUENTE	A	B	C	D	E	F
	Oxígeno disuelto (mg/l) (tomado en campo)	Temperatura del agua (°c)	Presión atmosférica (mmHg)	100% Oxígeno disuelto (mg/l)	Porcentaje de saturación (%)	Nivel de OD
Chaupimolino	5.75	16	720	9.42	61%	Pobre
El Inga	6.01	12	720	10.27	58%	Pobre
La Virginia	6.75	10	720	10.75	63%	Pobre
La Cocha	6.2	15	720	9.62	64%	Aceptable
Sigsipamba	5.27	7	720	11.55	45%	Pobre

Discusión de resultados: Calidad de agua fuente

Por medio los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio y en campo se llegó a establecer que las fuentes de las Juntas Sigsipamba, Chaupimolino, El Inga, La Victoria y La Cocha son de buena calidad, en relación con los valores de los parámetros establecidos en la Tabla 2 del TULSMA (Libro VI, Anexo 1), los parámetros físico- químicos y microbiológicos están dentro del criterio de aceptabilidad. Los parámetros químicos de cadmio, zinc y hierro están bajo el límite de detección.

Mediante el cálculo realizado en la **Tabla 16** se estableció que el porcentaje de oxígeno de saturación no cumple con los límites máximos permisibles con respecto a la Tabla 2 del TULSMA (Libro VI, Anexo 1).

Como información adicional a estos resultados se presenta una observación referente al punto de captación de la fuente que abastece a la Junta del Barrio El Inga, en la quebrada Coricolima la cual se encuentra expuesta al ingreso de plantas, piedras, tierra e incluso animales. Su colocación es simple superpuesta sobre el terreno y está sujeta únicamente con piedras propias del lugar.

El estado físico de esta obra puede afectar la calidad física, química y microbiológica del agua que ingresa y alterar los valores de los análisis, consecuentemente llevando al incumplimiento de los rangos establecidos en la Tabla 2 de la normativa TULSMA (Libro VI, Anexo 1).



Figura 3 Fuente de la Quebrada Coricolima

3.3 Resultados de análisis de calidad de agua en los tanques de almacenamiento

Tabla 17 Resultados calidad de agua: Tanque de cloración

		Sigsipamba	Chaupimolino	El Inga	La Virginia	La Cocha	Unidades	Normativa		
Indicadores Físicos	Parámetros <i>in situ</i>	Conductividad	98,8	198,2	215,1	50,7	181,2	uS/cm		
		Temperatura	12,1	15	11,6	10,3	15,6	°c	Condición natural +/- 3 grados	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Turbidez	0,71	0,68	1,25	0,77	0,29	UTN	10	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
Indicadores Químicos	Parámetros de Laboratorio	Sólidos totales	0,2	0,15	0,2	0,13	0,18	mg/L	-	
		Sólidos suspendidos	0,07	0,05	0,07	0,04	0,06	mg/L	-	
		DQO	2	0	4	5	0	mg/L	-	
		DBO	1	0	2	2,5	0	mg/L	2,0	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Aluminio	0,001	*****	0,008	0,008	*****	mg/L	0,1	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Cobre	0,01	0,03	0,04	0,04	0	mg/L	1,0	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Color Aparente	8	7	3	2	1	Pt-Co	15	INEN 1108:2014
		Fosfatos	0,003	0,7	0,44	0,44	0,37	mg/L	-	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Nitritos	0,003	0,009	0,002	0,002	0,006	mg/L	1	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Nitratos	5	6,5	3,7	3,7	4,9	mg/L	10,0	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Cadmio	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	mg/L	0,001	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Zinc	<0.01	<0.01	0,1	<0.01	<0.01	mg/L	5,0	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Hierro	0,002	0,002	0	0	0,01	mg/L	0,3	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Manganeso	0,4	0,2	0,3	0,3	0,5	mg/L	0,1	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Cloro residual	0,1	0,1	0	0	0	mg/L	0,3 a 1,5 ¹⁾	INEN 1108:2014
Indicadores Químicos	Parámetros <i>in situ</i>	pH	7,65	7,9	7,04	6,95	7,5		6-9	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Salinidad	0,1	0,1	0,1	0	0,1	ppt	-	
		Oxígeno disuelto	9,53	6,56	7,82	9,06	7,6	mg/L	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/L	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
Indicadores Microbiológicos	Coliformes Totales	Coliformes Totales	0	0	0	0	0	nmp/100ml	50*	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Coliformes Fecales	0	0	0	0	0	0	nmp/100ml	-

Los valores que están resaltados con color rojo están fuera de los límites máximos permisibles de la Tabla 2 del TULSMA (Libro VI, Anexo 1)

***** Fuera del rango de detección

¹⁾ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos

*Cuando se observe que más del 40% de las bacterias coliformes representadas por el Índice NMP, pertenecen al grupo coliforme fecal, se aplicará tratamiento convencional al agua a emplearse para el consumo humano y doméstico.

Tabla 18 Resultado esperado del nivel de O.D (Tanque de almacenamiento)

TANQUE DE ALMACENAMIENTO	A	B	C	D	E	F
	Oxígeno disuelto (mg/l)	Temperatura del agua (°c)	Presión atmosférica (mmHg) (nivel del mar)	100% Oxígeno disuelto (mg/l)	Porcentaje de saturación (%)	Nivel de OD
Chaupimolino	6.56	15	720	9.62	68%	Aceptable
El Inga	7.82	12	720	10.27	76%	Aceptable
La Virginia	9.06	10	720	10.75	84%	Adecuado
La Cocha	7.6	16	720	9.42	81%	Adecuado
Sigsipamba	9.53	12	720	10.27	93%	Excelente

Discusión de resultados: Calidad de agua en los tanques de almacenamiento

En todas las Juntas Administradoras de Agua se cuenta con obras civiles adecuadas para el tratamiento del agua mediante cloración (pastillas de cloro 200g y por goteo de hipoclorito de sodio), los días que se realizaron las visitas técnicas a los tanques de las Juntas: El Inga, La Victoria y La Cocha, se evidenció que el proceso de cloración no se estaba ejecutando, también se encontraron ciertas irregularidades:

- En el fondo del tanque de Chaupimolino se encontró una botella plástica, la persona encargada de cuidar la instalación justifico diciendo que dos meses antes se le dio mantenimiento al dosificador de cloro durante ese periodo la dosificación se realizaba manualmente, accidentalmente la persona encargada de la dosificación dejo caer la botella, esto podría afectar a la calidad del agua por la degradación de la botella.
- El día que se realizó el muestreo al tanque de la Virginia se observó una alta cantidad de sólidos que habían precipitado en el fondo, esta puede ser una de las razones por la que el DBO está fuera de los límites máximos permisibles, establecidos en la tabla 2 de la normativa TULSMA (Libro VI, Anexo 1)



Figura 4 Tanque La Virginia- Presencia de sólidos

- En el tanque de Sigsipamba la dosificación se la realiza por medio de pastillas de cloro, dicha dosificación se determinó inadecuada pues se encontró 3 pastillas de cloro para un caudal menor al requerido, además que tenían la instalación para la dosificación de cloro mediante goteo conectado al tanque.



Figura 5 Proceso de Dosificación-
Sigsipamba

- En el tanque de La Cocha la dosificación de hipoclorito no estaba en funcionamiento, sin embargo, se destaca que antes de ingresar el agua al tanque de almacenamiento pasa por tres desarenadores.

- El día que se realizó el muestreo se observó que el material recubrimiento del tanque de El Inga se estaba desprendiendo.

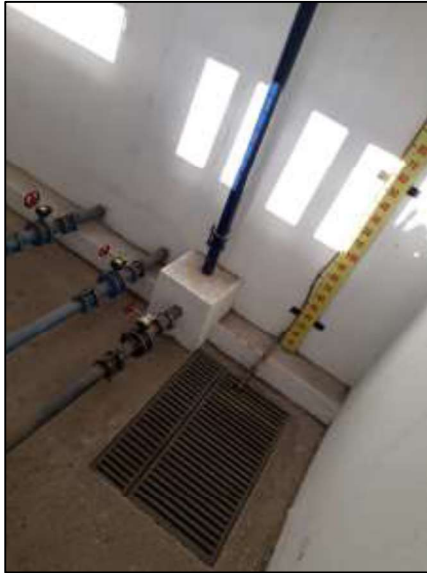


Figura 6 Estructura destinada al proceso de cloración



Figura 7 Proceso de cloración por goteo de hipoclorito-
Junta Chaupimolino



Figura 8 Proceso de cloración por pastillas- Junta Sigsipamba

A diferencia de los resultados de la **Tabla 16 Resultado esperado del nivel de O.D. (Fuente)** se puede constatar una mejoría en el porcentaje de O.D de saturación en la **Tabla 18 Resultado esperado del nivel de O.D** en los tanques de almacenamiento, esto se debe al aumento de la temperatura y el movimiento constante del agua.

3.4 Resultados de análisis de calidad de agua en el domicilio (usuario)

Tabla 19 Resultados calidad de agua: usuario

		Sigsipamba	Chaupimolino	El Inga	La Virginia	La Cocha	Unidades	Normativa		
Indicadores Físicos	Parámetros In situ	Conductividad	97,7	196,3	221,7	71,2	204	uS/cm	-	
		Temperatura	13,7	20	22,5	16,4	18,7	°C	Condición natural +/- 3 grados	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Turbidez	0,65	0,35	2,01	0,59	0,17	NTU	10	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
Indicadores Químicos	Parámetros de Laboratorio	Sólidos totales	0,17	0,18	0,4	0,12	0,2	mg/L	-	
		Sólidos suspendidos	0,06	0,06	0,13	0,04	0,07	mg/L	-	
		DQO	0	0	7	0	0	mg/L	-	
		DBO	0	0	3,5	0	0	mg/L	2,0	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Aluminio	0,007	0,005	0	0,03	0,001	mg/L	0,1	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Cobre	0,04	0,02	0,06	*****	0,02	mg/L	1,0	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Color Aparente	5	6	3	1	2	Pt-Co	15	INEN 1108:2014
		Fosfatos	0,011	0,7	0,53	0,37	0,54	mg/L	-	
		Nitritos	0,011	0,011	0,009	0,008	0,009	mg/L	1	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Nitratos	3,5	9,4	3,0	3,6	5,8	mg/L	10,0	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Cadmio	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	mg/L	0,001	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Zinc	<0.01	<0.01	0	<0.01	<0.01	mg/L	5,0	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
	Hierro	0,02	0,02	0,03	0,05	0,001	mg/L	0,3	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)	
	Manganeso	0,6	0,5	0,1	0,2	0,6	mg/L	0,1	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)	
	Cloro residual	0,1	0,1	0	0	0	mg/L	0,3 a 1,5 ₁₎	INEN 1108:2014	
Indicadores Microbiológicos	Parámetros In situ	pH	7,7	7,39	7,41	7,15	7,66		6-9	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)
		Salinidad	0,1	0,1	0,1	0	0,1	ppt	-	
	Oxígeno disuelto	7,62	5,99	7,05	7,3	6,81	mg/L	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/L	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)	
Indicadores Microbiológicos	Coliformes Totales	0	0	0	0	0	nmp/100ml	50*	TULSMA (Libro VI, Anexo 1, Tabla 2)	
	Coliformes Fecales	0	0	0	0	0	nmp/100ml	-		

Los valores que están resaltados con color rojo están fuera de los límites máximos permisibles de la Tabla 2 del TULSMA (Libro VI, Anexo 1)

***** Fuera del rango de detección

1) Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos

*Cuando se observe que más del 40% de las bacterias coliformes representadas por el Índice NMP, pertenecen al grupo coliforme fecal, se aplicará tratamiento convencional al agua a emplearse para el consumo humano y doméstico.

Tabla 20 Resultado esperado del nivel de O.D (Usuario)

USUARIO	A	B	C	D	E	F
	Oxígeno disuelto (mg/l)	Temperatura del agua (°c)	Presión atmosférica (mmHg) (nivel del mar)	100% Oxígeno disuelto (mg/l)	Porcentaje de saturación (%)	Nivel de OD
Chaupimolino	5.99	20	720	8.69	69%	Aceptable
El Inga	7.05	23	720	8.21	86%	Adecuado
La Virginia	7.3	16	720	9.42	77%	Aceptable
La Cocha	6.81	19	720	8.86	77%	Aceptable
Sigsipamba	7.62	14	720	9.83	78%	Aceptable

Discusión de resultados: Calidad de agua usuario

Con la **Tabla 20** de resultados se concluye que el agua que reciben las cinco Juntas está en óptimas condiciones. El incremento del oxígeno disuelto se debe a que el agua desde que ingresa a los tanques de almacenamiento se encuentra en constante movimiento.

En el punto previo al usuario del Barrio El Inga, la DBO está fuera de los límites máximos permisibles de la Tabla 2 del TULSMA (Libro VI, Anexo 1), sin embargo, este valor no presenta un riesgo grave a la salud.

3.5 Resultados de análisis de calidad de agua en las líneas de conducción y distribución

Para la determinación de la calidad del agua en las líneas de conducción y distribución se tomó en cuenta los resultados obtenidos en los tres puntos establecidos para el monitoreo: captación, tanques de almacenamiento y punto previo al ingreso del usuario. Por medio de ICA se establecerá que Junta Administradora de Agua: Chaupimolino, Sigsipamba, El Inga, La Cocha o La Virginia, tiene la mejor calidad de agua y sus líneas de conducción-distribución.

Los cálculos se realizarán con los datos que fueron resumidos de las **Tablas 15, 17 y 19 Resultados calidad de agua: fuente, tanque de almacenamiento y usuario**, serán expresados en la **Tabla 21 Parámetros: análisis ICA** y para el cálculo del índice de calidad

del O.D se utilizarán los datos de las **Tablas 16, 18 y 20 Resultado esperado del nivel de O.D (Fuente, Tanque de almacenamiento y Usuario).**

Tabla 21 Parámetros: análisis ICA

		PARÁMETROS: ANÁLISIS ICA									
LUGAR DE MUESTREO	PUNTO DE MUESTREO	CONDUCTIVIDAD	OXIGENO DISUELTO	pH	TURBIEDAD	DBO	COLIFORMES FECALES	COLIFORMES TOTALES	COLOR	FOSFATOS	SOLIDOS SUSPENDIDOS
Chaupimolino	Fuente	196	5,75	7,73	0,52	0	0	0	8	0	0,05
	Tanque de almacenamiento	198,2	6,56	7,9	0,68	0	0	0	7	0,86	0,05
	Usuario	196,3	199	7,39	0,35	0	0	0	6	0,7	0,06
El Inga	Fuente	157,3	6,01	7,03	1,06	0	0	0	3	0,66	0,07
	Tanque de almacenamiento	215,1	7,82	7,04	1,25	2	0	0	3	0,44	0,07
	Usuario	221,7	7,05	7,41	2,01	3,5	0	0	3	0,53	0,13
La Virginia	Fuente	49	6,75	7,21	0,52	0	0	0	3	0,66	0,04
	Tanque de almacenamiento	50,7	9,06	6,95	0,77	2,5	0	0	2	0,44	0,04
	Usuario	71,2	7,3	7,15	0,59	0	0	0	1	0,37	0,04
Sigsipamba	Fuente	41,6	5,27	7,7	0,66	2	0	0	9	0,15	0,06
	Tanque de almacenamiento	98,8	10,8	7,65	0,71	1	0	0	8	0,003	0,07
	Usuario	97,7	7,62	7,7	0,65	0	0	0	5	0,011	0,06
La Cocha	Fuente	254,3	6,2	7,85	0,08	0	0	0	2	0,2	0,06
	Tanque de almacenamiento	181,2	7,6	7,5	0,29	0	0	0	1	0,6	0,06
	Usuario	204	6,87	7,66	0,17	0	0	0	2	0,54	0,07

Tabla 22 Resultados ICA. Junta Administradora Sigsipamba

PARÁMETROS	PUNTO DE MUESTREO					
	FUENTE		TANQUE DE ALMACENAMIENTO		USUARIO	
	Cálculo	Resultado	Cálculo	Resultado	Cálculo	Resultado
pH	$I_{pH} = 10^{4.22 - 0.293(7.7)}$	92	$I_{pH} = 10^{4.22 - 0.293(7.65)}$	95	$I_{pH} = 10^{4.22 - 0.293(7.7)}$	92
Color	$I_c = 123(9)^{-0.295}$ Para concentraciones menores a 1.54 UTJ (29.26 NTU) se asignará un valor de ICA de 100%	64	$I_c = 123(8)^{-0.295}$ Para concentraciones menores a 1.54 UTJ (29.26 NTU) se asignará un valor de ICA de 100%	66	$I_c = 123(5)^{-0.295}$ Para concentraciones menores a 1.54 UTJ (29.26 NTU) se asignará un valor de ICA de 100%	76
Sólidos suspendidos	Para concentraciones menores de 14.144 mg/L se asignará un valor de ICA de 100%	100	Para concentraciones menores de 14.144 mg/L se asignará un valor de ICA de 100%	100	Para concentraciones menores de 14.144 mg/L se asignará un valor de ICA de 100%	100
Conductividad eléctrica	Para concentraciones menores a 85.60 uS/cm se asignará un ICA de 100%	100	$I_{CE} = 540(98.8)^{-0.379}$	94	$I_{CE} = 540(97.7)^{-0.379}$	95
Fosfatos	$I_{PO4} = 34.215(0.15)^{-0.46}$	81	Se asignará un calor de ICA de 100% para concentraciones menores o iguales a 0.0971 mg/L	100	Se asignará un calor de ICA de 100% para concentraciones menores o iguales a 0.0971 mg/L	100
Oxígeno disuelto	$I_{OD} = \frac{5.27}{11.55} * 100$	45	$I_{OD} = \frac{9.53}{10.27} * 100$	93	$I_{OD} = \frac{7.62}{9.83} * 100$	78
DBO	$I_{DBO} = 120(2)^{-0.673}$	75	Se asignará un ICA de 100% para concentraciones menores o iguales a 1.311 mg/L	100	Se asignará un ICA de 100% para concentraciones menores o iguales a 1.311 mg/L	100
Coliformes Totales	Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100
Coliformes Fecales	Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100

• **ICA GLOBAL**

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^{10} (93+68.67+50+100+192.67+187.33+360+458.33+400+300)}{\sum_{i=1}^{10} 24.5} = 90.20$$

El ICA en la Junta Administradora Sigsipamba es de 90.20 en base a la **Tabla 9 Rango de clasificación del ICA al criterio general** el agua y el estado de las líneas de conducción y distribución está en óptimas condiciones, no presentan contaminación

Tabla 23 Resultados ICA. Junta Administradora Chaupimolino

PARÁMETROS	PUNTO DE MUESTREO					
	FUENTE		TANQUE DE ALMACENAMIENTO		USUARIO	
	Cálculo	Resultado	Cálculo	Resultado	Cálculo	Resultado
pH	$I_{pH} = 10^{4.22-0.293(7.73)}$	90	$I_{pH} = 10^{4.22-0.293(7.9)}$	80	$I_{pH} = 10^{4.22-0.293(7.39)}$	100
Color	$I_c = 123(8)^{-0.295}$	66	$I_c = 123(7)^{-0.295}$	69	$I_c = 123(6)^{-0.295}$	73
Turbidez	Para concentraciones menores a 1.54 UTJ (29.26 NTU) se asignará un valor de ICA de 100%	100	Para concentraciones menores a 1.54 UTJ (29.26 NTU) se asignará un valor de ICA de 100%	100	Para concentraciones menores a 1.54 UTJ (29.26 NTU) se asignará un valor de ICA de 100%	100
Sólidos suspendidos	Para concentraciones menores de 14.144 mg/L se asignará un valor de ICA de 100%	100	Para concentraciones menores de 14.144 mg/L se asignará un valor de ICA de 100%	100	Para concentraciones menores de 14.144 mg/L se asignará un valor de ICA de 100%	100
Conductividad eléctrica	$I_{CE} = 540(196)^{-0.379}$	73	$I_{CE} = 540(198.2)^{-0.379}$	72	$I_{CE} = 540(196.3)^{-0.379}$	73
Fosfatos	Se asignará un calor de ICA de 100% para para concentraciones menores o iguales a 0.0971 mg/L	100	Se asignará un calor de ICA de 100% para para concentraciones menores o iguales a 0.0971 mg/L	100	Se asignará un calor de ICA de 100% para para concentraciones menores o iguales a 0.0971 mg/L	100
Oxígeno disuelto	$I_{OD} = \frac{5.75}{9.42} * 100$	61	$I_{OD} = \frac{6.56}{9.62} * 100$	68	$I_{OD} = \frac{5.99}{8.69} * 100$	69
DBO	Se asignará un ICA de 100% para concentraciones menores o iguales a 1.311 mg/L	100	Se asignará un ICA de 100% para concentraciones menores o iguales a 1.311 mg/L	100	Se asignará un ICA de 100% para concentraciones menores o iguales a 1.311 mg/L	100
Coliformes Totales	Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100
Coliformes Fecales	Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100

• **ICA GLOBAL**

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^{10}(90+69.33+50+100+145.33+200+330+500+400+300)}{\sum_{i=1}^{10} 24.5} = 89.17$$

El ICA en la Junta Administradora Chaupimolino es de 89.17 en base a la **Tabla 9 Rango de clasificación del ICA al criterio general** el agua y el estado de las líneas de conducción y distribución está en óptimas condiciones, no presentan contaminación.

Tabla 24 Resultados ICA. Junta Administradora La Cocha

PARÁMETROS	PUNTO DE MUESTREO					
	FUENTE		TANQUE DE ALMACENAMIENTO		USUARIO	
	Cálculo	Resultado	Cálculo	Resultado	Cálculo	Resultado
pH	$I_{pH} = 10^{4.22-0.293(7.85)}$	83	$I_{pH} = 10^{4.22-0.293(7.5)}$	100	$I_{pH} = 10^{4.22-0.293(7.66)}$	94
Color	Para concentraciones menores a 2.018 unidades de Pt-Co se asignará el valor de ICA igual a 100%	100	Para concentraciones menores a 2.018 unidades de Pt-Co se asignará el valor de ICA igual a 100%	100	Para concentraciones menores a 2.018 unidades de Pt-Co se asignará el valor de ICA igual a 100%	100
Turbidez	Para concentraciones menores a 1.54 UTJ (29.26 NTU) se asignará un valor de ICA de 100%	100	Para concentraciones menores a 1.54 UTJ (29.26 NTU) se asignará un valor de ICA de 100%	100	Para concentraciones menores a 1.54 UTJ (29.26 NTU) se asignará un valor de ICA de 100%	100
Sólidos suspendidos	Para concentraciones menores de 14.144 mg/L se asignará un valor de ICA de 100%	100	Para concentraciones menores de 14.144 mg/L se asignará un valor de ICA de 100%	100	Para concentraciones menores de 14.144 mg/L se asignará un valor de ICA de 100%	100
Conductividad eléctrica	$I_{CE} = 540(254.3)^{-0.379}$	66	$I_{CE} = 540(181.2)^{-0.379}$	75	$I_{CE} = 540(201)^{-0.379}$	72
Fosfatos	$I_{PO4} = 34.215(0.2)^{-0.46}$	71	$I_{PO4} = 34.215(0.6)^{-0.46}$	43	$I_{PO4} = 34.215(0.54)^{-0.46}$	45
Oxígeno disuelto	$I_{OD} = \frac{6.2}{9.62} * 100$	64	$I_{OD} = \frac{7.6}{9.42} * 100$	81	$I_{OD} = \frac{6.81}{8.86} * 100$	77
DBO	Se asignará un ICA de 100% para concentraciones menores o iguales a 1.311 mg/L	100	Se asignará un ICA de 100% para concentraciones menores o iguales a 1.311 mg/L	100	Se asignará un ICA de 100% para concentraciones menores o iguales a 1.311 mg/L	100
Coliformes Totales	Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100
Coliformes Fecales	Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100

• ICA GLOBAL

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^{10} (92.33 + 100 + 50 + 100 + 142 + 106 + 370 + 500 + 400 + 300)}{\sum_{i=1}^{10} 24.5} = 88.18$$

El ICA en la Junta Administradora La Cocha es de 88.18 en base a la **Tabla 9** Rango de clasificación del ICA al criterio general el agua y el estado de las líneas de conducción y distribución está en óptimas condiciones, no presentan contaminación.

Tabla 25 Resultados ICA. Junta Administradora La Virginia

PARÁMETROS	PUNTO DE MUESTREO					
	FUENTE		TANQUE DE ALMACENAMIENTO		USUARIO	
	Cálculo	Resultado	Cálculo	Resultado	Cálculo	Resultado
pH	$I_{pH} = 10^{4.22-0.293(7.21)}$	83	Si el pH esta entre 6.7 y 7.3	100	Si el pH esta entre 6.7 y 7.3	100
Color	$I_C = 123(3)^{-0.295}$	89	Para concentraciones menores a 2.018 unidades de Pt-Co se asignará el valor de ICA igual a 100%	100	Para concentraciones menores a 2.018 unidades de Pt-Co se asignará el valor de ICA igual a 100%	100
Turbidez	Para concentraciones menores a 1.54 UTJ (29.26 NTU) se asignará un valor de ICA de 100%	100	Para concentraciones menores a 1.54 UTJ (29.26 NTU) se asignará un valor de ICA de 100%	100	Para concentraciones menores a 1.54 UTJ (29.26 NTU) se asignará un valor de ICA de 100%	100
Sólidos suspendidos	Para concentraciones menores de 14.144 mg/L se asignará un valor de ICA de 100%	100	Para concentraciones menores de 14.144 mg/L se asignará un valor de ICA de 100%	100	Para concentraciones menores de 14.144 mg/L se asignará un valor de ICA de 100%	100
Conductividad eléctrica	Para concentraciones menores a 85.60 uS/cm se asignara un ICA de 100%	100	Para concentraciones menores a 85.60 uS/cm se asignara un ICA de 100%	100	Para concentraciones menores a 85.60 uS/cm se asignara un ICA de 100%	100
Fosfatos	$I_{p04} = 34.215(0.66)^{-0.46}$	41	$I_{p04} = 34.215(0.44)^{-0.46}$	50	$I_{p04} = 34.215(0.37)^{-0.46}$	54
Oxígeno disuelto	$I_{OD} = \frac{6.75}{10.75} * 100$	63	$I_{OD} = \frac{9.06}{10.75} * 100$	84	$I_{OD} = \frac{7.3}{9.42} * 100$	77
DBO	Se asignará un ICA de 100% para concentraciones menores o iguales a 1.311 mg/L	100	$I_{DBO} = 120(2.5)^{-0.673}$	65	Se asignará un ICA de 100% para concentraciones menores o iguales a 1.311 mg/L	100
Coliformes Totales	Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100
Coliformes Fecales	Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100

• **ICA GLOBAL**

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^{10} (94.33+96.33+50+100+200+96.67+373.33+441.67+400+300)}{\sum_{i=1}^{10} 24.5} = \mathbf{87.85}$$

El ICA en la Junta Administradora La Virginia es de 87.85 en base a la **Tabla 9 Rango de clasificación del ICA al criterio general** el agua y el estado de las líneas de conducción y distribución está en óptimas condiciones, no presentan contaminación.

Tabla 26 Resultados ICA. Junta Administradora El Inga

PARÁMETROS	PUNTO DE MUESTREO					
	FUENTE		TANQUE DE ALMACENAMIENTO		USUARIO	
	Cálculo	Resultado	Cálculo	Resultado	Cálculo	Resultado
pH	Si el pH esta entre 6.7 y 7.3	100	Si el pH esta entre 6.7 y 7.3	100	$I_{pH} = 10^{4.22-0.293(7.41)}$	100
Color	$I_c = 123(3)^{-0.295}$	89	Para concentraciones menores a 2.018 unidades de Pt-Co se asignará el valor de ICA igual a 100%	100	Para concentraciones menores a 2.018 unidades de Pt-Co se asignará el valor de ICA igual a 100%	100
Turbidez	Para concentraciones menores a 1.54 UTJ (29.26 NTU) se asignará un valor de ICA de 100%	100	Para concentraciones menores a 1.54 UTJ (29.26 NTU) se asignará un valor de ICA de 100%	100	Para concentraciones menores a 1.54 UTJ (29.26 NTU) se asignará un valor de ICA de 100%	100
Sólidos suspendidos	Para concentraciones menores de 14.144 mg/L se asignará un valor de ICA de 100%	100	Para concentraciones menores de 14.144 mg/L se asignará un valor de ICA de 100%	100	Para concentraciones menores de 14.144 mg/L se asignará un valor de ICA de 100%	100
Conductividad eléctrica	Para concentraciones menores a 85.60 uS/cm se asignara un ICA de 100%	100	Para concentraciones menores a 85.60 uS/cm se asignara un ICA de 100%	100	Para concentraciones menores a 85.60 uS/cm se asignara un ICA de 100%	100
Fosfatos	$I_{PO4} = 34.215(0.66)^{-0.46}$	41	$I_{PO4} = 34.215(0.44)^{-0.46}$	50	$I_{PO4} = 34.215(0.53)^{-0.46}$	46
Oxigeno disuelto	$I_{OD} = \frac{6.01}{10.27} * 100$	58	$I_{OD} = \frac{7.82}{10.27} * 100$	76	$I_{OD} = \frac{7.05}{8.21} * 100$	86
DBO	Se asignará un ICA de 100% para concentraciones menores o iguales a 1.311 mg/L	100	$I_{DBO} = 120(2)^{-0.673}$	75	$I_{DBO} = 120(3.5)^{-0.673}$	51
Coliformes Totales	Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100
Coliformes Fecales	Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100	Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100%	100

• **ICA GLOBAL**

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^{10} (100+96.33+50+100+200+91.33+366.67+376.67+400+300)}{\sum_{i=1}^{10} 24.5} = \mathbf{84.94}$$

El ICA en la Junta Administradora El Inga es de 84.94 en base a la **Tabla 9 Rango de clasificación del ICA al criterio general** el agua y el estado de las líneas de conducción y distribución está en óptimas condiciones, no presentan contaminación.

Tabla 27 Valor ICA General




Junta Administradora de Agua	ICA GENERAL
Sigsipamba	90.20
Chaupimolino	89.17
La Cocha	88.18
La Virginia	87.85
El Inga	84.94

Como se observa en la **Tabla 27** de resultados, todas las Juntas están exentas de contaminación a pesar de que tres Juntas (la Cocha, La Virginia y El Inga) no llevan a cabo el proceso de cloración.

Además de los análisis realizados en campo, en el laboratorio de Ingeniería ambiental en el Laboratorio de Calidad Ambiental Chavez Solutions, se cuenta con una evidencia fotográfica del estado físico interno y externo de las líneas de conducción y distribución de cada una de las Juntas Administradoras.

Tabla 28 Evidencia fotográfica del estado físico de las líneas de conducción

BARRIO- JUNTAS ADMINISTRADORAS	LÍNEAS CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN
Chaupimolino	
Sigsipamba	

BARRIO- JUNTAS ADMINISTRADORAS	LÍNEAS CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN
<p data-bbox="435 449 565 478">La Virginia</p>	
<p data-bbox="440 863 560 892">La Cocha</p>	
<p data-bbox="456 1430 544 1459">El Inga</p>	

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- De forma general la calidad del agua de las Juntas está dentro de los criterios de aceptabilidad establecidos en las normas TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Libro VI, Anexo 1 Recurso) y la Norma INEN 1108 de Agua potable.
- Mediante visitas de campo y diálogo con el representante del GAD de Pifo se pudo obtener la información necesaria para llevar a cabo el muestreo y análisis de la calidad del agua que abastece a las Juntas de la parroquia Pifo.
- En base a la normativa vigente a nivel nacional TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Libro VI, Anexo 1 Recurso) y la Norma INEN 1108 de Agua potable se pudieron determinar los parámetros más útiles e importantes en la evaluación de la calidad del recurso hídrico para consumo humano.
- Mediante visitas de campo se logró realizar recolección de muestras tanto para la medición de parámetros *in situ* como para la ejecución de ensayos en laboratorio, también se recorrió una gran parte de las líneas de conducción y distribución pudiendo constatar que el estado físico de las obras es adecuado y no presenta fugas o rupturas a lo largo del trayecto.
- Los ensayos de laboratorio fueron realizados casi en su totalidad en el laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental, sin embargo, se contó con la colaboración del Laboratorio de control de calidad ambiental Chavez Solutions para finalizar con los análisis de los metales Zinc y Cadmio.
- Al finalizar los análisis se compararon los valores obtenidos con los datos referenciales que constan en las normativas vigentes aplicadas al presente diagnóstico. Es así que entre los parámetros más relevantes se pudo concluir que: El Oxígeno disuelto analizado en tres puntos de cada Junta presenta un incremento en su porcentaje ya sea por el aumento de temperatura o debido al movimiento constante del agua hasta su llegada al usuario final, donde se pudo obtener valores aceptables de este

parámetro de acuerdo al porcentaje establecido que se describe en la tabla 2 de la normativa TULSMA (Libro VI, Anexo 1).

- A pesar que el manganeso presenta valores por encima de los límites máximos permisibles de la tabla 2 del TULSMA (Libro VI, Anexo 1) en todas las juntas desde el punto de captación hasta el punto previo del ingreso al domicilio (usuario), su consumo no es nocivo para la salud, pero puede darle un color y olor indeseables al agua.
- En cuanto a la calidad microbiológica del agua, tomando en cuenta la deficiente ejecución y en otros casos la ausencia de cloración, no se obtuvo ningún resultado positivo al realizar los cultivos de coliformes fecales.
- Hay que señalar que la falta de recursos, mala administración o desconocimiento del proceso hacen que la desinfección del recurso hídrico no sea ejecutada de forma correcta y en algunos casos no se realice. Afortunadamente la calidad microbiológica no se ve afectada y por lo tanto no existe riesgo de que se presenten enfermedades de carácter hídrico, sin embargo, el agua que llega al consumidor no cumple con los parámetros y exigencias de la normativa nacional vigente para uso y consumo humano

4.2 Recomendaciones

- Debido a los altos niveles de manganeso encontrados en todos los puntos de muestreo, se ha realizado una investigación que permita reducir estos valores y se dé cumplimiento con lo establecido en la tabla 2 de la normativa TULSMA (Libro VI, Anexo 1).
- Se recomienda la implementación de un aireador de bandejas múltiples con fondo de coque, **ANEXO VI**. La Norma RAS- 2000 establece los criterios para la construcción del aireador
 - ✓ Cargas superficiales menores de $100 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{día})$
 - ✓ Área de 0.5 a 2 m^2 por cada 1000 m^3 de capacidad
 - ✓ De 3 a 5 bandejas
 - ✓ El espaciamiento entre bandejas de 0.3 m a 0.75 m
 - ✓ Profundidad del agua en la bandeja de aproximadamente 0.15 m

- Cuando el agua ingresa al aireador, está en contacto con el lecho de coque que ayuda a la distribución del agua y el intercambio de gases, para reducir la concentración de ciertos parámetros físico- químicos como hierro- manganeso, color y olor por su propiedad de adsorción formando una capa.
- Este aireador debe ser implementado antes de la entrada al tanque de cloración, ya que el cloro eliminará cualquier microorganismo que pueda tener el agua asegurando su calidad.
- Para eliminar la DBO₅ se recomienda la implementación de un filtro lento, instalado entre la conducción que viene desde la fuente y el aireador, posteriormente el agua ingresará al reservorio donde se llevará a cabo el proceso de cloración, asegurando la calidad del recurso hídrico que llega al usuario.
- Respecto al proceso de desinfección, a pesar que no se encontró la presencia de coliformes fecales, se recomienda la ejecución y control periódico del proceso de cloración que garantice la calidad microbiológica del agua, para bienestar de toda la población beneficiaria y el cumplimiento de la normativa nacional vigente.
- En cuanto al estado de las líneas de conducción se recomienda una supervisión periódica que abarque desde el punto de captación, pasando por las tuberías, tanques, y finalmente el ingreso al usuario, con el fin de determinar posibles rupturas o fugas que pueden ser un foco de contaminación.
- Así mismo se recomienda la elaboración de un plan de revisión y mantenimiento periódico mediante el cual se evalúe el estado físico y de ser necesario se realicen actividades de corrección, reparación o se implementen mejoras a las obras de captación, tanques y tuberías.
- La planificación garantizará que los procesos de transporte y tratamiento de agua se lleven a cabo de forma efectiva y se evite cualquier posible contaminación.
- En la fuente Coricolima de la Junta Administradora El Inga se recomienda la construcción de una cuneta para la desviación de las aguas pluviales, un canal para la conducción del recurso hídrico hacia la captación y un cerramiento para evitar el paso de animales hacia la fuente.
- Realizar mantenimiento a los tanques para evitar su desgaste interno, y la incorporación de residuos de los materiales de construcción al agua de consumo.

5. Bibliografía

- 1) Ambiente, M. E. D. I. O. (2015). Ministerio del Ambiente. Recuperado el, 6.
- 2) Clavijo Moreno, A. A. (2016). Análisis del estado de conservación ambiental de la microcuenca del río Chamachán en la parroquia Mariano Acosta, provincia de Imbabura, a través de indicadores físicos, bióticos y socio económicos (Bachelor's thesis, Quito, 2016.).
- 3) Dozier, M. L. (2004). Problemas del agua potable: el hierro y el manganeso. Obtenido de <https://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/l5451sironandman.pdf>
- 4) Ecuador, C. (2008). Asamblea nacional. Retrieved, 1(15), 2012.
- 5) Federation, W. E., & American Public Health Association. (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association (APHA): Washington, DC, USA.
- 6) Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rural de Pifo (2018). Obtenido de GAD Parroquial Pifo: <http://www.pifo.gob.ec/web/index.php/contenido/item/el-gad-de-pifo>
- 7) Guzmán, V., & Narváez, R. (2010). Línea base para el monitoreo de la calidad de agua de riego en la demarcación hidrográfica del Guayas. Secretaría Nacional del Agua. Informe técnico. Quito.
- 8) Urrutia, W. G. (2014 de Octubre de 11). Guías de Laboratorio extraladas del Manual de Vernier. Oxígeno Disuelto: Experimento 41. Obtenido de http://www2.vernier.com/sample_labs/CMV-41-oxigeno_disuelto.pdf
- 9) Jiménez, V. C. (Mayo de 2013). Análisis físico-químico y microbiológico de aguas envasadas en funda consumidas. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1893/1/T-UCE-0008-25.pdf>

- 10) Medios, C. (2015). Actualización del Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia Pifo. Recuperado el, 24.
- 11) Norma Ambiental y Descarga de efluentes: Recurso Agua, del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), Libro VI Anexo 1
- 12) Normativa Secundaria. Instructivo para la conformación y legalización de Juntas de Agua Potable y Saneamiento. Secretaría del Agua.
- 13) Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2014 Requisitos. Agua Potable.
- 14) Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013 Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de muestras para el análisis.
- 15) Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo
- 16) Vega, F. J. (2009). Desarrollo y Aplicación de un Índice de Calidad de Agua para Ríos en Puerto Rico. Obtenido de http://prwreri.uprm.edu/publications/PR_2009_01.pdf

6. ANEXOS

ANEXO I Junta Administradora de agua potable Sigsipamba



Figura 9 Captación Sigsipamba San Lorenzo



Figura 10 Tanque de Cloración Sigsipamba



Figura 11 Usuario- Junta Administradora Sigsipamba

ANEXO II Junta Administradora de agua potable Chaupimolino



Figura 12 Captación Hacienda Chantag



Figura 13 Tanque de Cloración
Chaupimolino



Figura 14 Usuario- Junta Administradora Chaupimolino

ANEXO III Junta Administradora de agua potable El Inga



Figura 16 Captación Quebrada Coricolima



Figura 15 Tanque de Cloración El Inga



Figura 17 Usuario- Junta Administradora El Inga

ANEXO IV Junta Administradora de agua potable La Virginia



Figura 19 Captación Vertiente desemboca
Río Chacpito



Figura 18 Tanque Cloración La Virginia



Figura 20 Usuario- Junta Administradora La Virginia

ANEXO V Junta Administradora de agua potable La Cocha- Itulachi



Figura 22 Captación Paluguillo



Figura 21 Tanque Cloración La Cocha - Itulachi



Figura 23 Usuario- Junta Administradora La Cocha- Itulachi

ANEXO VI Modelo de un aireador de bandejas múltiples

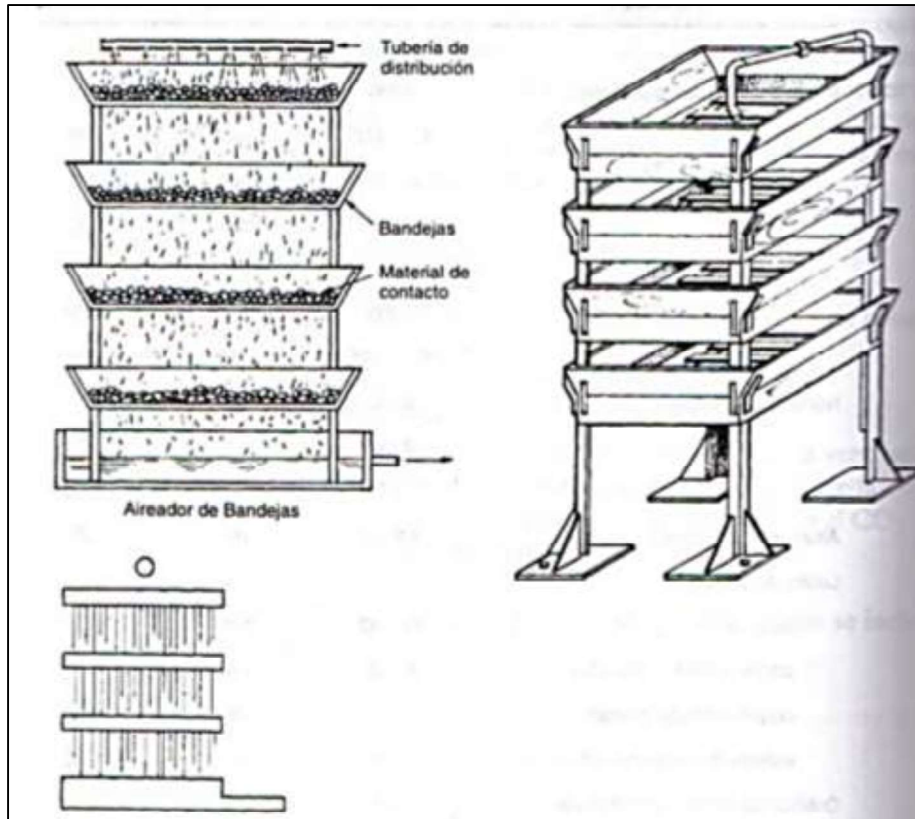


Figura 24 Modelo de un aireador típico de bandejas múltiples

ANEXO VII Valor 100% de oxígeno disuelto usando la temperatura medida y la Presión atmosférica.

Tabla 3: 100 % Capacidad de Oxígeno Disuelto (mg/L)

	770 mm	760 mm	750 mm	740 mm	730 mm	720 mm	710 mm	700 mm	690 mm	680 mm	670 mm	660 mm
0°C	14.76	14.57	14.38	14.19	13.99	13.80	13.61	13.42	13.23	13.04	12.84	12.65
1°C	14.38	14.19	14.00	13.82	13.63	13.44	13.26	13.07	12.88	12.70	12.51	12.32
2°C	14.01	13.82	13.64	13.46	13.28	13.10	12.92	12.73	12.55	12.37	12.19	12.01
3°C	13.65	13.47	13.29	13.12	12.94	12.76	12.59	12.41	12.23	12.05	11.88	11.70
4°C	13.31	13.13	12.96	12.79	12.61	12.44	12.27	12.10	11.92	11.75	11.58	11.40
5°C	12.97	12.81	12.64	12.47	12.30	12.13	11.96	11.80	11.63	11.46	11.29	11.12
6°C	12.66	12.49	12.33	12.16	12.00	11.83	11.67	11.51	11.34	11.18	11.01	10.85
7°C	12.35	12.19	12.03	11.87	11.71	11.55	11.39	11.23	11.07	10.91	10.75	10.59
8°C	12.05	11.90	11.74	11.58	11.43	11.27	11.11	10.96	10.80	10.65	10.49	10.33
9°C	11.77	11.62	11.46	11.31	11.16	11.01	10.85	10.70	10.55	10.39	10.24	10.09
10°C	11.50	11.35	11.20	11.05	10.90	10.75	10.60	10.45	10.30	10.15	10.00	9.88
11°C	11.24	11.09	10.94	10.80	10.65	10.51	10.36	10.21	10.07	9.92	9.78	9.63
12°C	10.98	10.84	10.70	10.56	10.41	10.27	10.13	9.99	9.84	9.70	9.56	9.41
13°C	10.74	10.60	10.46	10.32	10.18	10.04	9.90	9.77	9.63	9.49	9.35	9.21
14°C	10.51	10.37	10.24	10.10	9.96	9.83	9.69	9.55	9.42	9.28	9.14	9.01
15°C	10.29	10.15	10.02	9.88	9.75	9.62	9.48	9.35	9.22	9.08	8.95	8.82
16°C	10.07	9.94	9.81	9.68	9.55	9.42	9.29	9.15	9.02	8.89	8.76	8.63
17°C	9.86	9.74	9.61	9.48	9.35	9.22	9.10	8.97	8.84	8.71	8.58	8.45
18°C	9.67	9.54	9.41	9.29	9.16	9.04	8.91	8.79	8.66	8.54	8.41	8.28
19°C	9.47	9.35	9.23	9.11	8.98	8.86	8.74	8.61	8.49	8.37	8.24	8.12
20°C	9.29	9.17	9.05	8.93	8.81	8.69	8.57	8.45	8.33	8.20	8.08	7.96
21°C	9.11	9.00	8.88	8.76	8.64	8.52	8.40	8.28	8.17	8.05	7.93	7.81
22°C	8.94	8.83	8.71	8.59	8.48	8.36	8.25	8.13	8.01	7.90	7.78	7.67
23°C	8.78	8.66	8.55	8.44	8.32	8.21	8.09	7.98	7.87	7.75	7.64	7.52
24°C	8.62	8.51	8.40	8.28	8.17	8.06	7.95	7.84	7.72	7.61	7.50	7.39
25°C	8.47	8.36	8.25	8.14	8.03	7.92	7.81	7.70	7.59	7.48	7.37	7.26
26°C	8.32	8.21	8.10	7.99	7.89	7.78	7.67	7.56	7.45	7.35	7.24	7.13
27°C	8.17	8.07	7.96	7.86	7.75	7.64	7.54	7.43	7.33	7.22	7.11	7.01
28°C	8.04	7.93	7.83	7.72	7.62	7.51	7.41	7.30	7.20	7.10	6.99	6.89
29°C	7.90	7.80	7.69	7.59	7.49	7.39	7.28	7.18	7.08	6.98	6.87	6.77
30°C	7.77	7.67	7.57	7.47	7.36	7.26	7.16	7.06	6.96	6.86	6.76	6.66
31°C	7.64	7.54	7.44	7.34	7.24	7.14	7.04	6.94	6.85	6.75	6.65	6.55

Tabla 4: Presión Barométrica Aproximada a Diferentes Elevaciones

Elevación (pies)	Presión (mm Hg)	Elevación (pies)	Presión (mm Hg)	Elevación (pies)	Presión (mm Hg)
0	760	2000	708	4000	659
250	753	2250	702	4250	653
500	746	2500	695	4500	647
750	739	2750	689	4750	641
1000	733	3000	683	5000	635
1250	727	3250	677	5250	629
1500	720	3500	671	5500	624
1750	714	3750	665	5750	618