UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto de Investigación previo
a la obtención del título de
Ingeniera Ambiental.

Título del Proyecto de Investigación:

“SEGURIDAD HÍDRICA EN LA JUNTA DE AGUA POTABLE “COLONIA 24 DE MAYO”, CANTÓN BUENA FE, PROVINCIA LOS RÍOS”

Autora:

Karla Micaela Pérez Anchundia

Directora de Proyecto de Investigación:

Ing. Norma María Guerrero Chuez MSc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador.

2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Karla Micaela Pérez Anchundia**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. _____

Karla Micaela Pérez Anchundia

C.C. #0942838368

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

La suscrita, **Ing. Norma María Guerrero Chuez MSc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Karla Micaela Pérez Anchundia**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **"SEGURIDAD HÍDRICA EN LA JUNTA DE AGUA POTABLE "COLONIA 24 DE MAYO", CANTÓN BUENA FE, PROVINCIA LOS RÍOS"**, previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Firmado electrónicamente por:
NORMA MARIA
GUERRERO CHUEZ

…….

Ing. Norma María Guerrero Chuez MSc.

DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

La suscrita Ing. Norma María Guerrero Chuez MSc., mediante el presente cumplo en presentar a usted, el informe del Proyecto de Investigación titulado **"SEGURIDAD HÍDRICA EN LA JUNTA DE AGUA POTABLE "COLONIA 24 DE MAYO", CANTÓN BUENA FE, PROVINCIA LOS RÍOS",** presentado por la Srta. Karla Micaela Pérez Anchundia, estudiante de la Carrera de Ingeniería Ambiental, que fue revisado bajo mi dirección según resolución CENTÉSIMA PRIMERA del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, de fecha 31 de enero del 2022 desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND, el cual mostró 4% de similitud.

Curiginal

Document Information

Analyzed document	Proyecto de investigacion_KARLA PÉREZ.pdf (D142047674)
Submitted	2022-07-14 17:24:00
Submitted by	Norma Guerrero Chuez
Submitter email	nguerrero@uteq.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	nguerrero.uteq@analysis.urkund.com

Firmado electrónicamente por:
NORMA MARIA GUERRERO CHUEZ

.....

Ing. Norma María Guerrero Chuez MSc.

DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

"Seguridad Hídrica en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo", cantón Buena Fe, provincia Los Ríos"

Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental.

Aprobado por:

YARELYS FERRER SANCHEZ
Firmado digitalmente por YARELYS FERRER SANCHEZ
Nombre de reconocimiento (DN): cn=YARELYS FERRER SANCHEZ, serialNumber=0807221715 44, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
Fecha: 2022.11.09 20:20:26 -05'00'

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Blga. Ferrer Sánchez Yarelys PhD.

Firmado electrónicamente por: ANGEL JOEL YEPEZ ROSADO

MIEBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Yépez Rosado Ángel Joel MSc.

Firmado electrónicamente por: WISTON JAVIER MORALES RODRIGUEZ

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Morales Rodríguez Wiston Xavier MSc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2022

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por guiar cada uno de los pasos que he dado en mi vida, por darme salud, valentía y fortaleza para cumplir este sueño que hoy en día es una realidad.

A mis padres Ivonne y Carlos, quienes han sido pilares fundamentales en mi vida, brindándome su amor incondicional e infinito, educándome con principios y valores que ayudaron a mi formación como persona, gracias a sus enseñanzas, esfuerzo y dedicación hoy estoy cumpliendo una meta más. ¡Los amo!

A mi hermano Carlos, por ayudarme cada vez que lo he necesitado, por cuidar de mí siempre y estar conmigo en los buenos y malos momentos.

A mis amigos y compañeros Elian y Gabriela, con quienes he compartido esta maravillosa etapa en mi querida UTEQ, gracias por todos los momentos vividos, por ser amigos incondicionales y brindarme su apoyo siempre.

A mi tutora de tesis Ing. Norma Guerrero por su paciencia, tiempo y aprendizaje adquirido en este proyecto, Blgo. Juan Pablo Urdánigo por su apoyo en la parte estadística del proyecto, Ing. Carlos Nieto por su ayuda con equipos técnicos para el desarrollo de esta investigación, Blga. Yarelys Ferrer, Ing. Julio Pazmiño y demás docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental por las enseñanzas y conocimientos brindados que serán fundamentales en el desempeño y formación de mi futuro profesional.

Karla Micaela Pérez Anchundia

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro principalmente a Dios, por no haberme permitido desvanecer en los momentos difíciles, y darme la fortaleza para seguir adelante.

A mis padres Ivonne y Carlos, por brindarme su apoyo incondicional para cumplir esta meta, por estar a mi lado desde el primer día y ser mi fortaleza, por la confianza depositada en mí y el inmenso amor que me han demostrado siempre.

A mis familiares, especialmente a mi hermano Carlos y, a mi abuela María † que desde el cielo sé que siempre está conmigo y se alegra de verme cumplir mis sueños.

A mi novio, por guiarme, aconsejarme y apoyarme en cada decisión, por creer en mí y darme palabras de aliento cuando más lo necesité.

Karla Micaela Pérez Anchundia

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

Los sistemas de abastecimiento nacen como respuesta a problemas sectoriales y sociales que alteran la calidad del agua, causando impactos negativos sobre este recurso de vida indispensable; además, la ineficiencia en sistemas de tratamiento de agua potable se ha convertido en una problemática de morbilidad y mortalidad. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la seguridad hídrica de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo", cantón Buena Fe, provincia Los Ríos. Se realizó una entrevista al presidente, y 57 encuestas a usuarios de la Junta de Agua Potable analizadas mediante la validación del Alfa de Cronbach y Análisis de Componentes Principales (ACP) para el diagnóstico. Se hicieron ocho visitas en las cuales se tomó una muestra de agua por cada etapa del sistema de abastecimiento (captación, almacenamiento, consumo), después se analizaron variables fisicoquímicas mediante la aplicación del ICA NSF y un ANOVA no paramétrico, posteriormente se identificaron peligros y riesgos. Según el Alfa de Cronbach una pregunta no cumplió con el valor de fiabilidad mayor a 0,70, y el ACP obtuvo una agrupación de cuatro componentes rotados; donde, la mayoría de usuarios tuvieron respuestas correlacionadas positivamente en la calidad organoléptica del agua, desempeño de directiva de la Junta y tratamiento del agua, mientras que en las enfermedades digestivas tuvieron respuestas con correlación negativa. El ANOVA mediante la prueba Kruskal Wallis determinó que el pH tuvo diferencias estadísticas significativas (P = 0,009); las medias de Dunn mostraron que los valores de parámetros fisicoquímicos fueron homogéneos en todas las etapas, y el índice ICA NSF determinó la calidad del agua como regular en el sistema de abastecimiento. Finalmente, se identificaron cinco peligros muy altos, dos altos, dos medios y uno bajo en las etapas. Esto indica que el agua captada de pozos profundos se ve alterada por diversos factores antropogénicos.

Palabras claves: Calidad del agua; índice de calidad del agua NSF; agua de consumo humano; Plan de Seguridad del Agua.

ABSTRACT AND KEYWORDS

Water supply systems are born as a response to sectoral and social problems that alter the quality of water, causing negative impacts on this indispensable life resource; in addition, inefficiency in drinking water treatment systems has become a problem of morbidity and mortality. The objective of this research was to evaluate the water security of the Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo", Buena Fe canton, Los Ríos province. An interview was conducted with the president, and 57 surveys of users of the Junta de Agua Potable were analyzed by validation of Cronbach's Alpha and Principal Component Analysis (PCA) for the diagnosis. Eight visits were made in which a water sample was taken for each stage of the supply system (catchment, storage, consumption), then physicochemical variables were analyzed by applying the WQI NSF and a nonparametric ANOVA for the identification of hazards and risks. According to Cronbach's Alpha, one question did not meet the reliability value greater than 0.70, and the PCA obtained a grouping of four rotated components; where, most users had positively correlated responses in the organoleptic quality of water, board directive performance and water treatment, while in digestive diseases they had responses with negative correlation. The ANOVA using the Kruskal Wallis test determined that pH had significant statistical differences (P = 0.009); Dunn's means showed that the values of physicochemical parameters were homogeneous in all stages, and the WQI NSF index determined water quality as regular in the supply system. Finally, five very high, two high, two medium and one low hazard were identified in the stages. This indicates that water collected from deep wells is altered by various anthropogenic factors.

Key words: Water quality; NSF water quality index; drinking water; Water Safety Plan.

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA i

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS ii

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN iii

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO iv

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN v

AGRADECIMIENTO vi

DEDICATORIA vii

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES viii

ABSTRACT AND KEYWORDS ix

TABLA DE CONTENIDO x

ÍNDICE DE FIGURAS xiii

ÍNDICE DE TABLA xiii

ÍNDICE DE ANEXOS xiv

CÓDIGO DUBLIN xvi

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I 3

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 3

1.1. Problema de la investigación 4

1.1.1. Planteamiento del problema 4

1.1.2. Formulación del problema 5

1.1.3. Sistematización del problema 6

1.2. Objetivos 6

1.2.1. Objetivo General 6

1.2.2. Objetivos Específicos 6

1.3. Justificación 7

CAPÍTULO II 8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN 8
2.1. Marco conceptual 9
2.1.1. Agua Potable 9
2.1.2. Junta de Agua Potable 9
2.1.3. Sistema de abastecimiento de agua 9
2.1.4. Etapas del sistema de abastecimiento 9
2.1.5. Seguridad hídrica 10
2.1.6. Calidad del agua 11
2.1.7. Índices de calidad del agua 11
2.1.8. Parámetros fisicoquímicos 11
2.1.9. Parámetros microbiológicos 14
2.1.10. Riesgo Hídrico 14
2.1.11. Plan de Seguridad del Agua (PSA) 14
2.2. Marco Referencial 15
CAPÍTULO III 18
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 18
3.1. Localización 19
3.2. Tipo de investigación 19
3.3. Métodos de investigación 20
3.4. Fuentes de recopilación de información 21
3.5. Diseño de la investigación 21
3.5.1. Diagnosticar la eficiencia del servicio de abastecimiento de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo” 22
3.5.2. Analizar los peligros y riesgos del sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo” 23

3.5.3. Diseñar un Plan de Mejora que permita alcanzar la seguridad hídrica en las etapas de captación, almacenamiento, tratamiento y distribución de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”..... 27
3.6. Instrumentos de la investigación..... 27
3.7. Tratamiento de datos..... 28
3.8. Recursos humanos y materiales..... 28
CAPÍTULO IV..... 30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 30
4.1. Diagnóstico de la eficiencia del servicio de abastecimiento de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”..... 31
4.1.1. Situación actual del sistema de abastecimiento..... 31
4.1.2. Percepción comunitaria del servicio de Agua Potable..... 35
4.2. Análisis de los peligros y riesgos del sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”..... 44
4.2.1. Caracterización de parámetros fisicoquímicos y microbiológico de la calidad del agua 44
4.2.2. Comparación con criterios de la normativa de parámetros fisicoquímicos y microbiológico..... 48
4.2.3. Identificación de peligros en el sistema de abastecimiento..... 50
4.3. Diseño de un Plan de Mejora para alcanzar la seguridad hídrica en las etapas de captación, almacenamiento, tratamiento, distribución y consumo de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”..... 55
4.3.1. Título de la propuesta..... 55
4.3.2. Justificación..... 55
4.3.3. Fundamentación..... 55
4.3.4. Objetivos del Plan de Seguridad del Agua..... 56
4.3.5. Importancia..... 56
4.3.6. Ubicación sectorial y física..... 57
4.3.7. Factibilidad..... 57

4.3.8. Plan de trabajo 60
4.3.9. Actividades 61
4.4. Discusión de resultados 73
CAPÍTULO V 78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 78
5.1. Conclusiones 79
5.2. Recomendaciones 80
CAPÍTULO VI 81
BIBLIOGRAFÍA 81
6.1. Bibliografía 82
CAPÍTULO VII 92
ANEXOS 92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" del cantón Buena Fe 19
Figura 2. Componentes 1: Calidad organoléptica del agua 41
Figura 3. Componente 2: Administración del servicio de agua 42
Figura 4. Componente 3: Tratamiento del agua 43
Figura 5. Componente 4: Enfermedades digestivas por contaminación del agua 44
Figura 6. Diagrama de flujo del sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo". 62

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Variables de primer y segundo nivel para analizar la gestión y administración de la Junta de Agua Potable 22

Tabla 2. Pesos relativos de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos empleados en el ICA NSF 24
Tabla 3. Criterios de calidad de agua ICA NSF 25
Tabla 4. Método semicuantitativo para calcular la clasificación del riesgo en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" 26
Tabla 5. Materiales usados en la toma de datos..... 28
Tabla 6. Checklist del sistema de abastecimiento en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" 31
Tabla 7. Análisis de comunalidades de la encuesta de percepción comunitaria 36
Tabla 8. Varianza total explicada de Componentes Principales..... 38
Tabla 9. Matriz de Componente rotado de correlación entre las preguntas 39
Tabla 10. Análisis de varianza no paramétrico de los parámetros fisicoquímicos..... 45
Tabla 11. Análisis de comunalidades de los parámetros fisicoquímicos 46
Tabla 12. Varianza total explicada de los parámetros fisicoquímicos..... 47
Tabla 13. Matriz de Componentes rotados de los parámetros fisicoquímicos 48
Tabla 14. Contraste de la normativa con los parámetros en las etapas del sistema de abastecimiento 49
Tabla 15. Peligros identificados en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"..... 51
Tabla 16. Evaluación de peligros y riesgos en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" 52
Tabla 17. Planificación de trabajo del Plan de Seguridad del Agua de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"..... 60
Tabla 18. Equipo de trabajo PSA 61
Tabla 19. Medidas de control de los riesgos de las etapas del sistema de abastecimiento. 63
Tabla 20. Plan de Mejora en las medidas de control para el sistema de abastecimiento.... 66
Tabla 21. Monitoreo de acciones correctivas en el sistema de abastecimiento..... 70

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Lista de verificación (Checklist) de cumplimientos y no cumplimientos en las etapas del sistema de abastecimiento en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" 93
Anexo 2. Preguntas para entrevista al operador de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" 95

Anexo 3. Preguntas de la encuesta aplicada a los usuarios 97
Anexo 4. Matriz de costo de recursos y materiales implementados en el Plan de Seguridad del Agua 101
Anexo 5. Tabulación de parámetros fisicoquímicos en las etapas del sistema de abastecimiento 103
Anexo 6. Aplicación del Índice de Calidad del Agua NSF 104
Anexo 7. Diagnóstico de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" 105
Anexo 8. Aplicación de encuestas a usuarios 105
Anexo 9. Entrevista al presidente u operador 106
Anexo 10. Toma de muestras de agua en las etapas del sistema de abastecimiento 106
Anexo 11. Análisis de parámetros 107
Anexo 12. Presencia de Coliformes 107

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Seguridad Hídrica en la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”, cantón Buena Fe, provincia Los Ríos			
Autora:	Pérez Anchundia, Karla Micaela			
Palabras claves:	Calidad del agua	Índice de calidad del agua NSF	Agua de consumo humano	Plan de Seguridad del Agua
Fecha de publicación:	Diciembre 2022			
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2022.			
Resumen:	Resumen.- Los sistemas de abastecimiento nacen como respuesta a problemas sectoriales y sociales que alteran la calidad del agua, causando impactos negativos sobre este recurso de vida indispensable. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la seguridad hídrica de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”, cantón Buena Fe, provincia Los Ríos. Se realizaron 57 encuestas a usuarios de la Junta de Agua Potable analizadas mediante el Alfa de Cronbach y Análisis de Componentes Principales (ACP) para el diagnóstico. Se tomaron ocho muestras en cada etapa del sistema de abastecimiento (captación, almacenamiento, consumo), analizando variables fisicoquímicas mediante la aplicación del ICA NSF y un ANOVA no paramétrico, posteriormente se identificaron peligros y riesgos. Finalmente, se determinó la calidad del agua como regular en el sistema de abastecimiento. **Abstract.- Water supply systems are born as a response to sectoral and social problems that alter water quality, causing negative impacts on this indispensable life resource. The objective of this research was to evaluate the water security of the Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo", Buena Fe canton, Los Ríos province. Fifty-seven surveys were conducted with users of the Junta de Agua Potable and analyzed using Cronbach's alpha and Principal Component Analysis (PCA) for the diagnosis. Eight samples were taken at each stage of the supply system (collection, storage, consumption), analyzing physicochemical variables by applying the WQI NSF and a nonparametric ANOVA, and then identifying hazards and risks. Finally, water quality was determined as regular in the supply system.**			
Descripción:	124 hojas : dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162			
URI:				

INTRODUCCIÓN

El agua dulce se considera como un recurso de vida indispensable, sin embargo, los problemas sectoriales y sociales alteran la calidad de vida de este recurso, por este motivo se crean los suministros de agua potable [1]. El mundo aún está fuera del alcance de conseguir el sexto Objetivo de Desarrollo Sostenible (agua limpia y saneamiento), debido a los enfoques políticos que no mantienen como prioridad gestionar los riesgos de calidad del agua [2], inclusive, existen 785 millones de habitantes que aún no cuentan con acceso al servicio de agua potable [3].

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud entre los años 2010 y 2015 solo hubo una disminución del 3% de la población que no cuenta con acceso a fuentes de agua potable con tratamientos mejorados [4]; por este motivo, la ineficiencia en tratamientos del agua potable está causando problemas de morbilidad y mortalidad en todo el mundo, principalmente en aquellos países de medianos y bajos ingresos económicos [5].

La ineficiencia de la gestión del agua frente a los desafíos sociales y ambientales son uno de los principales problemas sectoriales que aumenta la escasez del agua en el mundo, y provoca que los sistemas de abastecimiento de agua potable tengan que mejorar de manera urgente sus tratamientos e infraestructuras hídricas [6]. Actualmente, debido a la existencia de las actividades humanas en el entorno de los sistemas de agua dulce, pueden enfrentarse a la presencia de sustancias químicas peligrosas derivadas de estas actividades [1]; no obstante, el incumplimiento de los estándares de calidad del agua en normativas tiene como consecuencia la alteración de los parámetros físicos químicos [7].

En América Latina, los estándares de calidad del agua potable son relativamente buenos en relación con los requisitos de la Organización Mundial de la Salud [8], sin embargo, la crisis del agua en esta región es solo el resultado de un inadecuado manejo y gestión del recurso [9]. La Organización Panamericana de la Salud indica que, 40 millones de personas (7%) no cuentan con acceso a fuentes de agua potable mejoradas en América Latina y el Caribe, en Brasil un 20% de familias con recursos económicos más bajos gastan el doble para conseguir fuentes de agua en condiciones aceptables, mientras que, en República Dominicana el 40% de estas familias gastan hasta cuatro veces más para acceder a agua que se encuentre en buenas condiciones [10].

En Ecuador la cobertura de agua potable en el área urbana se extiende sobre el territorio nacional en un 83,70%; además, existe un 51,82% que tiene niveles deficientes en la calidad del agua, esto indica que estos sistemas de agua potable tienen un rendimiento bajo [11]. Igualmente, las zonas rurales presentan ciertos niveles de contaminación microbiológica, esto se da principalmente por la generación de escorrentías agrícolas y descargas de efluentes domiciliarios en los cuerpos de agua dulce, provocando la aparición de coliformes fecales en pozos de agua [12].

En el cantón Buena Fe existe una cobertura del servicio de agua potable de 84,64%, con niveles de la calidad del agua aceptables [11]; sin embargo, en algunos casos los sectores no contribuyen con el mantenimiento y una buena organización en la gestión del cuidado del agua, por este motivo, se genera un porcentaje del 20% de usuarios que han adquiridos enfermedades como tifoidea a través del agua de consumo humano, causando preocupación y prevención en los recintos que dependen de este tipo de fuentes [13].

Mediante la presente investigación se busca evaluar la seguridad hídrica, para contribuir en la gestión y mejora de la calidad del agua cruda de captación subterránea, mediante esta contribución se pretende obtener agua potable a través de la aplicación de un Plan de Seguridad del Agua en las etapas del sistema de abastecimiento, en base a un diagnóstico y determinación de la eficiencia, calidad, riesgos y peligros en la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

El acceso al servicio de agua potable es un problema de saneamiento, sobre todo para aquellos países de bajos y medianos ingresos, una de las causas es la falta de recurso económicos, esto ha generado que algunos hogares vean como su principal fuente de abastecimiento conectarse a la red de distribución de familias cercanas y compartir los gastos generados por el servicio [14]. De la misma manera, otra consecuencia que se ve reflejada es la desigualdad de la cobertura al acceso de agua de consumo humano, generando una estrecha relación con la incidencia de enfermedades infecciosas estomacales en los niños [15], sobre todo para aquellos grupos sociodemográficos como estatus socioeconómicos y grupos étnicos [16].

En los sistemas de abastecimiento de agua potable existe una falta de control en las tuberías subterráneas que distribuyen el agua, sin embargo, surge la necesidad de implementación de tecnologías como modelos hidráulicos que aporten a la planificación, diseño y operación en las redes de distribución para conservar el flujo y calidad del agua, además, ayudar a detectar inmediatamente daños en las tuberías [17]; por otra parte, esta inexistencia de control tiene como efecto la interacción de características antropogénicas del subsuelo directamente con el agua, causando alteración en las condiciones del agua para consumo humano [18].

El poco apoyo de otras instituciones y los recursos económicos son un impedimento que tienen los sistemas de abastecimiento de las áreas rurales para realizar un diagnóstico en todas las fases, desde la captación del agua hasta su distribución en los hogares de los usuarios; así mismo, la inseguridad hídrica nace a partir de características socioeconómicas y ambientales, influyendo en la percepción que tienen las personas sobre la seguridad hídrica de las Juntas de Agua Potable [19]; además, otra consecuencia evidente es la privación a la modernización de tratamientos, es necesario tener sistemas de tratamiento fortalecidos para disminuir posibles riesgos que perjudiquen la salud de la población [20].

Diagnóstico.

La inexistencia de planes de seguridad hídrica está afectando de manera directa a los usuarios de las Juntas de Agua Potable, por desconocimiento de las acciones que son importantes para la gestión integrada de la calidad, cantidad y adecuación del agua potable, y desinformación sobre los riesgos que se dan en el sistema de abastecimiento, los cuales brindan información importante sobre posibles afectaciones en la calidad del agua, condiciones de infraestructura y salud humana [21]. Además, la presencia de desigualdad al acceso del servicio de agua potable genera niveles variables de seguridad hídrica en áreas rurales y vulnerabilidad a los hogares o familias más pobres [22].

La Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" no cuenta con un Plan de Seguridad del Agua, lo que provoca poco conocimiento sobre la situación actual y real de los distintos componentes en las etapas de captación, almacenamiento, tratamiento, distribución y consumo; además, debido a ello se ve influenciada posiblemente la calidad del agua por la presencia de peligros y riesgos en el sistema de abastecimiento que necesitan medidas de control y acciones correctivas.

Pronóstico.

El inadecuado manejo del agua en las etapas del sistema de abastecimiento debido a la escases de recursos económicos y presencia de una inseguridad hídrica en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo", provocaría una elevada concentración de parámetros físicos químicos y microbiológicos, causando un impacto significativo en la calidad del agua de consumo humano y por lo tanto, enfermedades digestivas en los usuarios; cabe destacar que; también se generaría la ineficiencia en el acceso de agua potable, disminuyendo los niveles de cantidad en cada hogar.

1.1.2. Formulación del problema.

¿El Plan Seguridad Hídrica permitirá evaluar el acceso al agua en calidad y cantidad en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" del cantón Buena Fe?

1.1.3. Sistematización del problema.

¿Las condiciones actuales del sistema de abastecimiento de agua potable influyen en la capacidad y eficiencia del servicio de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”?

¿Los peligros y riesgos de las etapas del sistema de abastecimiento condicionan la calidad físico química del agua en la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”?

¿Requiere el actual sistema de abastecimiento de agua de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo” un Plan de Mejora en las etapas de captación, almacenamiento, tratamiento, distribución y consumo?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

Evaluar la seguridad hídrica de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”, cantón Buena Fe, provincia Los Ríos.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Diagnosticar la eficiencia del servicio de abastecimiento de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”.

- Analizar los peligros y riesgos del sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”.

- Diseñar un Plan de Mejora de Seguridad Hídrica en las etapas de captación, almacenamiento, tratamiento, distribución y consumo de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”.

1.3. Justificación.

La seguridad hídrica en las zonas rurales se considera un tema importante de investigación, debido a la existencia de factores organizacionales, tecnológicos y económicos que limitan la eficiencia del tratamiento del agua en el sistema de abastecimiento; en consecuencia, el agua proveniente de las juntas de agua comunitaria podrían no cumplir los límites máximos permisibles para su consumo, produciendo daños en el sistema de distribución, molestias en los usuarios del servicio y, problemas en la salud humana generalmente en la piel y sistema digestivo, causando la aparición de erupciones cutáneas, vómito, diarrea, entre otros respectivamente.

En la actualidad, el escaso conocimiento sobre la calidad del agua en sistemas de abastecimiento comunitarios es preocupante, a causa de la desinformación que tienen los usuarios sobre la presencia de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos en las fuentes de captación como ríos, pozos, esteros o lagos, causando vulnerabilidad en los sectores rurales que se abastecen del servicio ya que no existe una potabilización del agua. Además, es indispensable la capacitación permanente y asesoría técnica en las Juntas de Agua Potable con la finalidad de aplicar técnicas de conservación y mantenimiento de este recurso natural, siendo capaces de brindar un servicio competitivo, eficiente y de calidad que pueda cumplir con el tercero (salud y bienestar) y sexto (agua limpia y saneamiento) Objetivo de Desarrollo Sostenible, e incluso lograr el cumplimiento de los estándares de límites máximos permisibles de la normativa ecuatoriana para el consumo de agua potable.

Esta investigación servirá como base ambiental para futuros estudios de seguridad hídrica en zonas rurales, mediante el diagnóstico de la capacidad y eficiencia en el manejo de las Juntas de Agua Potable, la determinación de la calidad del agua de consumo humano en fases de captación, almacenamiento, tratamiento, distribución y consumo, contribuyendo a la generación de estrategias efectivas de cumplimiento con los estándares nacionales de la calidad del agua, y la disminución de enfermedades por la ingesta de agua de consumo humano.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

2.1.1. Agua Potable.

El agua tratado o agua potable es aquella a la cual se le han enviado o cambiado sus características físicas, químicas y biológicas con el propósito de utilizarla en algún uso benéfico [23].

2.1.2. Junta de Agua Potable.

Las juntas de agua potable convencionales se caracterizan por la recolección y distribución del agua obtenida de cuencas protegidas (por ejemplo, embalses, presas) o de fuentes de agua subterránea [24].

2.1.3. Sistema de abastecimiento de agua.

Este modelo de infraestructura de agua involucra sistemas de pequeña y mediana escala que utilizan fuentes de agua disponibles localmente para varios usos interiores y exteriores [25].

2.1.4. Etapas del sistema de abastecimiento.

Los sistemas de agua potable involucran etapas de infraestructura complejas y heterogéneas que se diferencian en función de algunas variables como la fuente de agua, la calidad del agua cruda y del agua potable, la densidad de población, entre otros [26].

2.1.4.1. Captación.

Las captaciones pueden ser sistemas extremadamente complejos, en los que la calidad y cantidad del agua está influenciada por factores biológicos, químicos, físicos, ecológicos y ambientales. Un área de captación de agua generalmente se define como el área de tierra alrededor de un lago, río o alguna forma de cuerpo de agua [27].

2.1.4.2. Almacenamiento.

La capacidad de almacenamiento de agua se define con base en escenarios estáticos de consumo y en proyecciones de crecimiento poblacional en asociación con el comportamiento hidrológico de las cuencas hidrográficas consideradas [28].

2.1.4.3. Tratamiento.

El sistema de tratamiento es el proceso desinfección y recuperación de agua que elimina los riesgos potenciales para la salud asociados con los patógenos transmitidos por el agua; sin embargo, puede producir subproductos de desinfección (DBP) nocivos para la salud humana [29].

2.1.4.4. Distribución.

Un sistema de distribución de agua potable (DWDS) es el paso final y esencial para suministrar agua potable segura y de alta calidad a los clientes. Pueden ocurrir procesos biológicos, como la formación y desprendimiento de biopelículas, el crecimiento microbiano y la formación de depósitos sueltos. Estos sistemas de distribución de agua potable deben actuar como barreras protectoras, deben operarse y mantenerse para evitar la contaminación y el crecimiento de microorganismos a medida que el agua tratada viaja hasta el cliente [30].

2.1.5. Seguridad hídrica.

Es la capacidad de una población para salvaguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para sustentar los medios de vida, el bienestar humano y el desarrollo socioeconómico, para garantizar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con el agua, y para preservar los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política [31].

2.1.6. Calidad del agua.

La calidad del agua es una medida sustancial para coordinar la demanda y el suministro de agua. Un nivel adecuado de agua dulce es eminente para las necesidades biológicas y un aspecto vital del desarrollo ambiental sostenible integrado [32]. La calidad del agua está intrínsecamente relacionada con la salud humana, la producción de alimentos, la igualdad de género, la reducción de la pobreza, los medios de vida de los ecosistemas, el desarrollo económico y el crecimiento social en nuestras comunidades [33].

2.1.7. Índices de calidad del agua.

Los índices de calidad del agua tienen como objetivo dar un valor único a la calidad del agua de una fuente, reduciendo una gran cantidad de parámetros a una expresión más simple y permitiendo una fácil interpretación de los datos de monitoreo [34].

2.1.7.1. Índice de Calidad del Agua de la National Sanitation Foundation de Estados Unidos (ICA NSF).

Es un índice de calidad del agua (WQI) para comparar la calidad de los cuerpos de agua y monitorear los cambios temporales o espaciales en la calidad del agua, reflejando su contaminación por acciones antropogénicas, como alcantarillado doméstico, residuos industriales o agrícolas [35].

2.1.8. Parámetros fisicoquímicos.

Son aquellas sustancias químicas que tienen incidencia sobre las condiciones estéticas del agua; además, son factores determinantes de la calidad del agua en cuerpos de agua superficial y subterránea [36].

2.1.8.1. Oxígeno Disuelto (OD).

El oxígeno disuelto (OD) es uno de los parámetros medidos con mayor frecuencia en los estudios acuosos, sin embargo, sus fuentes y sumideros, como el intercambio atmosférico, la fotosíntesis o la respiración, a menudo permanecen desconocidos [37].

2.1.8.2. pH.

El pH es el término utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua. Este parámetro puede ser medido en el campo o laboratorio por medio de instrumentos electrónicos (pHchímetro) [23].

2.1.8.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es uno de los criterios más utilizados para la evaluación de la calidad del agua. Proporciona información sobre la fracción biodegradable lista de la carga orgánica en el agua [38].

2.1.8.4. Nitratos.

El nitrato es un contaminante omnipresente debido a su alta solubilidad en agua, que generalmente contribuye a la eutrofización y representa una amenaza para el ecosistema acuático y la salud humana [39].

2.1.8.5. Temperatura.

La temperatura es tal vez el parámetro físico más importante del agua. Además de afectar la viscosidad y la velocidad de las reacciones químicas, interviene en el diseño de la mayoría de los procesos de tratamiento del agua (coagulación, sedimentación, etc.) [23].

2.1.8.6. Turbiedad.

Es la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz. La turbiedad es producida por una gran variedad de causas. Entre ellas las más importantes pueden ser la erosión natural de las cuencas y la contaminación causada por la industria o por desechos domésticos [23].

2.1.8.7. Sólidos Disueltos Totales (TDS).

Los minerales disueltos, generalmente medidos como sólidos disueltos totales (TDS), son el principal determinante del sabor del agua del grifo. El contenido mineral del agua potable se ve afectado en gran medida por el contenido mineral del agua de origen [40].

2.1.8.8. Fosfatos.

El fosfato es un contaminante tóxico en niveles muy elevados causa deterioro de la calidad del agua, lo que ha ido aumentando en los recursos hídricos, principalmente debido al aumento de la población mundial y las actividades correspondientes [41].

2.1.8.9. Conductividad.

La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, movilidad, valencia y concentraciones relativas [42].

2.1.8.10. Cloruros.

Son productos químicos con aplicaciones generalizadas debido a sus propiedades antimicrobianas de amplio espectro contra bacterias, hongos y virus [43].

2.1.8.11. Dureza.

La dureza del agua es un parámetro que está determinado por el contenido de cationes de calcio (Ca) y magnesio (Mg) [44].

2.1.8.12. Nitrito.

El nitrito (NO_2^-) es un anión que no suele estar presente en concentraciones significativas, excepto en un medio reductor, ya que el nitrato es el estado de oxidación más estable. Se puede formar por la reducción microbiana de nitrato e in vivo por la reducción del nitrato ingerido [45].

2.1.8.13. Salinidad.

La salinidad es la medida de la concentración de sales disueltas (solubles) en el agua de todas las fuentes, y se puede medir mediante una variedad de parámetros (que incluyen fracciones de sólidos disueltos, sólidos disueltos totales, cloruro, conductividad eléctrica, salinidad) y unidades (que incluyen ppm, mg L-1, µS cm-1, dS m-1) [46].

2.1.9. Parámetros microbiológicos.

Son una colección de microorganismos relativamente inofensivos que viven en gran número en los intestinos de los animales de sangre fría y caliente. Ayudan en la digestión de los alimentos. Un subgrupo específico de esta colección son las bacterias coliformes fecales, siendo el miembro más común *Escherichia coli* [47].

2.1.9.1. Coliformes fecales.

Es un indicio de la contaminación fecal en el agua potable, y son indicadores de la eficacia de los procesos de desinfección y como organismos índices de la posible presencia de contaminación fecal y patógenos transmitidos por el agua [48].

2.1.10. Riesgo Hídrico.

Es una condición mediada tanto por el grado de exposición a amenazas como por las condiciones de vulnerabilidad propias de los sistemas (ecosistemas, sistemas técnicos de suministro y sistemas socioculturales) involucrados en la provisión de los servicios hídricos [49].

2.1.11. Plan de Seguridad del Agua (PSA).

Los planes de seguridad hídrica indican el estado de seguridad actual de un sistema en base a la evaluación de indicadores de cantidad, calidad y adecuación, lo que podría ayudar a mejorar la evaluación de seguridad considerando los registros históricos de los indicadores o sus proyecciones futuras [21].

2.2. Marco Referencial.

La determinación de la calidad del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable es esencial, para ello, en todo el mundo se aplican diversos métodos para cumplir objetivos de investigación en esta temática, los resultados encontrados se muestran a continuación.

- Moncada et al., llevaron a cabo el artículo "Quantitative microbial risk assessment to estimate the public health risk from exposure to enterotoxigenic *E. coli* in drinking water in the rural area of Villapinzon, Colombia" en el año 2021, la investigación tuvo un enfoque cuantitativo, aplicando un método exploratorio que determinó la presencia de enfermedades por consumo de Agua Potable en regiones de la zona rural de Villapinzon, en las viviendas del área fueron recolectadas 124 encuestas de calidad del agua y 124 muestras de E.coli analizadas en simulaciones variables aleatorias con distribuciones de probabilidad, tuvieron como resultado en las encuestas que 58 viviendas perciben la existencia de turbidez en la captación y 44 la presencia de lodos, sin embargo, el 88,71% no presentaron síntomas de daños estomacales, las concentraciones medias de E.coli (UFC/100 ml) indicaron que las mejores fuentes de abastecimiento son las que abastecen las regiones de Chiguala (0,40) y Guanguita (0,01), por otro lado, las fuentes de peor calidad son de las regiones Bosavita (1,97), La Joya (1,95) y San Pablo (1,76), estas concentraciones tienen una diferencia significativa de (pag < 0.005) y una probabilidad del 95% de riesgo de enfermedades infecciosas [50].

- Paris et al., realizaron una investigación titulada "Protección de pozos de abastecimiento. Indicadores de la calidad del agua subterránea" en el año 2014, la cual tuvo un enfoque cuantitativo realizado en la ciudad Esperanza - Argentina en la zona rural, utilizaron una base de datos de muestras de agua (1990 – 2007) extraídas en pozos profundos de sistemas de abastecimiento de Agua Potable con información de ocho parámetros fisicoquímicos (Alcalinidad, conductividad eléctrica, cloruro, sulfato, calcio, magnesio, nitrato, sodios y potasio), analizadas mediante métodos estadísticos multivariados para conocer los indicadores de calidad en función de las variables, los resultados de la investigación indicaron que los 20 pozos estudiados se agruparon en tres grupos claramente definidos, siendo el grupo 2 el grupo con mayor cantidad de pozos (14 pozos); además, el análisis de correlación indicó la formación

de tres grupos con asociación lineal en donde el grupo 1 conformado por los parámetros sulfato, conductividad eléctrica, sodio y potasio, obtuvieron la mayor variabilidad de datos (50,51%), seguido del componente 2 constituido por los parámetros magnesio, calcio y nitrato con una proporción de la varianza del 27,86 % [51].

- Cruz et al., desarrollaron el artículo "Evaluación de la calidad del servicio de abastecimiento de agua potable a partir de la percepción de personas usuarias: El caso en Cartago, Costa Rica" en el año 2020, este estudio tuvo un enfoque cuantitativo, con una muestra de 2194 usuarios, utilizaron como instrumento de estudio la aplicación de una encuesta para determinar la calidad del servicio en cuatro cantones de la provincia, para la identificación de independencia en los grupos de variables se analizó los datos en el programa Statistica mediante un método de pruebas de hipótesis, teniendo como resultado que el 30% del cantón Oreamuno califican el servicio como malo o muy malo, el cantón Jiménez considera en un 47% que la calidad del agua es buena, mientras que en los cantones Turrialba (5%) y Alvarado (4%) una cantidad pequeña de la población considera que la calidad es mala o muy mala, el 72% de todos los cantones toman como medida preventiva hervir el agua antes de consumirla para afrontar los problemas del servicio de Agua Potable, debido a que uno de los problemas más frecuentes fue la presencia de cloro en olores y sabores del agua [52].

- Pérez et al., realizaron el artículo titulado "Development and implementation of a water-safety plan for drinking-water supply system of Cali, Colombia" en el año 2020, la investigación fue realizada a través de un enfoque cualitativo para el diseño de un Plan de Seguridad Hídrica en el sistema de suministro de Agua Potable de Cali, para la cual implementaron el uso de cinco etapas propuestas por la Organización Mundial de la Salud: Reunión del equipo, descripción del sistema de abastecimiento de Agua Potable, identificación de riesgos y peligros, evaluación de los riesgos y planes de gestión de riesgo; dando como resultado la presencia de 16 eventos peligrosos en la captación debido a la presencia de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos por los distintos usos de tierra en el área (agricultura, minería e industrial), 40 eventos peligrosos en el proceso de tratamiento, 27 en el sistema de distribución y 9 peligros en el componente de consumo; finalmente determinaron que la mayoría de los eventos peligrosos fueron clasificados como un nivel de riesgo muy alto según la matriz

semicuantitativa (76 peligros), sin embargo, con las medidas de control lograron reducir un 72,4 % quedando un total de 21 eventos peligrosos en esa clasificación [53].

- Seghezzo *et al.,* efectuaron el artículo "Improved risk assessment and risk reduction strategies in the Water Safety Plan (WSP) of Salta, Argentina" en el año 2013, el artículo tuvo un enfoque cualitativo y cuantitativo para la identificación de peligros y medidas de control del sistema de abastecimiento de la ciudad de Salta en las etapas de captación, tratamiento y distribución, para la realización de la investigación tomaron en cuenta la metodología propuesta por la Organización Mundial de la Salud para El Plan de Seguridad del Agua; teniendo como resultado un 30,2 % de riesgos identificados en todo el sistema de abastecimiento, después de una corrección de riesgos identificados en la etapa de distribución obtuvieron una reducción al 19,15% de riesgos, aplicando medidas de control con enfoque espacial, de umbral, proporcional y económico, finalmente determinaron que las participaciones de los usuarios mediante un taller didáctico ayudaron en gran medida a la identificación de los peligros existentes en el sistema de abastecimiento [54].

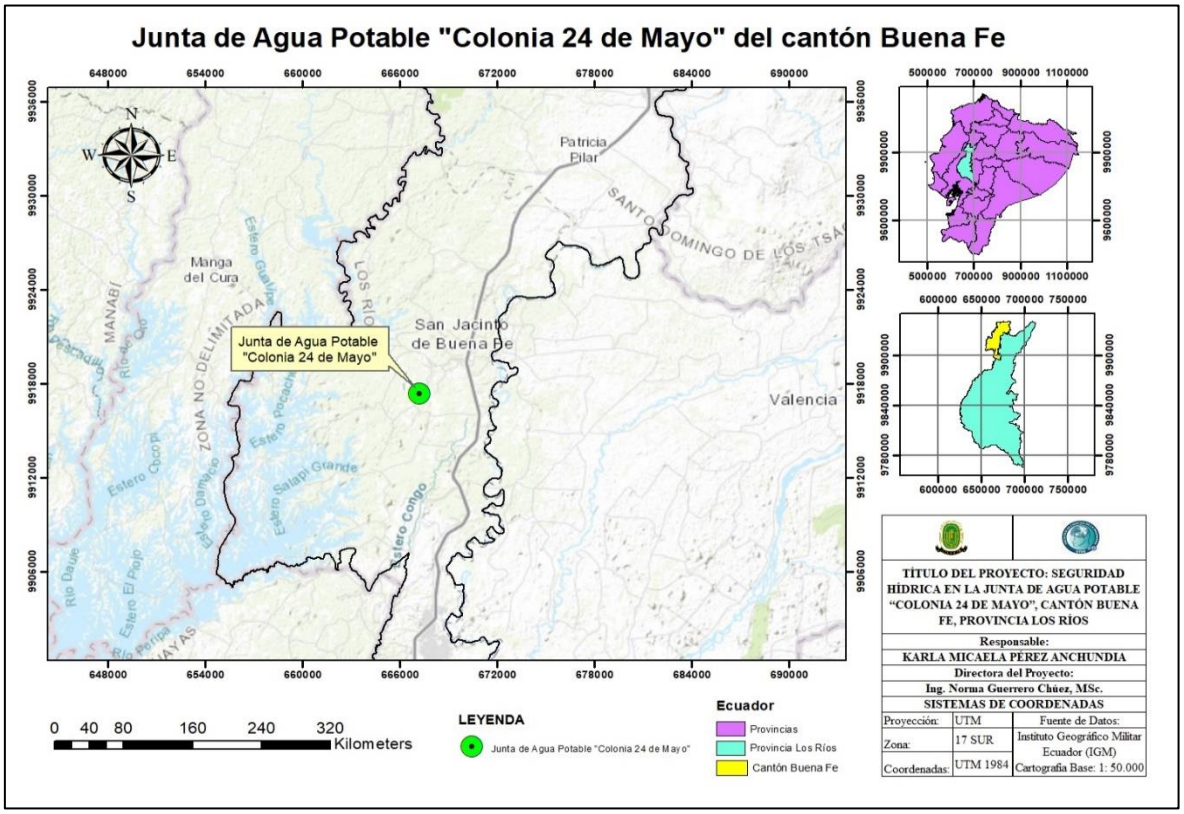
CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

La investigación se desarrolló en la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo” ubicada en la zona rural del recinto Colonia 24 de Mayo del cantón Buena Fe con las coordenadas georreferenciadas en Sistema Estándar UTM (X: 667220) (Y:9917317), limitando al norte con el cantón Santo Domingo de los Tsáchilas, al sur con el cantón Quevedo, al este con el cantón Valencia y al oeste con el cantón El Empalme como se muestra en la figura 1 [55].

Figura 1. Ubicación geográfica de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo” del cantón Buena Fe



ELABORADO POR: AUTORA.

3.2. Tipo de investigación.

La investigación empleó los siguientes tipos de investigación:

- **Descriptivo:** Este tipo de investigación sirvió para evaluar y describir las condiciones actuales de calidad del agua en las etapas de captación, almacenamiento, tratamiento,

distribución y consumo del área de estudio; logrando identificar características de infraestructura, organizativas, físicas, químicas y microbiológicas mediante el análisis descriptivo.

- **Exploratorio:** Se estudió el problema de investigación relacionado a la Seguridad Hídrica en un sistema de abastecimiento rural, destacando que es un fenómeno poco estudiado a nivel nacional debido a la falta de fuentes bibliográficas como artículos científicos; entonces, mediante el análisis exploratorio se destacaron aquellos aspectos fundamentales mediante la implementación del Plan de Seguridad del Agua que servirán como antecedentes para futuras investigaciones.

3.3. Métodos de investigación.

La investigación empleó los siguientes métodos de investigación:

- **Método de observación directa:** Mediante la aplicación de este método se logró emplear una lista de verificación para conocer e identificar aquellos aspectos positivos y negativos del sistema de abastecimiento mediante recorridos en el área de estudio; además, este método permitió establecer los puntos de muestreo para la toma de muestras de agua, y posterior análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

- **Método deductivo:** Este método fue empleado para una adecuada determinación y análisis de los resultados obtenidos en la identificación de los riesgos en las etapas del sistema de abastecimiento, de esta manera se logró establecer medidas de control y acciones correctivas para mejorar la evaluación de la seguridad hídrica en cantidad y calidad del agua.

- **Método inductivo:** La aplicación de este método permitió ir de lo general a lo específico, es decir, se analizaron todas las características del diagnóstico del sistema de abastecimiento, el análisis de los parámetros físicos químicos y microbiológicos, además de la identificación de los riesgos y peligros presentes, de esta manera se logró generar un Plan de Seguridad del Agua.

- **Método analítico:** Después de la obtención de los resultados de la percepción comunitaria se utilizó este método para determinar los grupos de preguntas más importantes; además, también se analizaron las muestras de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para la determinación de la calidad de agua brindada en el sistema de abastecimiento estudiado.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

La información utilizada para llevar a cabo la presente investigación se derivó de las siguientes fuentes:

Fuentes primarias:

- Se aplicaron encuestas en todos los usuarios que se abastecen del servicio de Agua Potable en el área de estudio con la finalidad de obtener información exacta de la percepción comunitaria; además, se ejecutó la entrevista con el presidente para conocer datos importantes de la organización e infraestructura y, complementando con una lista de verificación para detectar aciertos o irregularidades en el sistema de abastecimiento.

- Se recolectaron muestras de agua de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en distintas etapas de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”.

Fuentes secundarias:

- Se realizó una revisión bibliográfica en artículos científicos con respecto al tema principal para determinar el diseño de la investigación.

3.5. Diseño de la investigación.

Para el desarrollo de la investigación se aplicaron diversas técnicas y metodologías para el cumplimiento de los objetivos específicos; a continuación, se muestran los métodos por objetivo.

3.5.1. Diagnosticar la eficiencia del servicio de abastecimiento de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo".

3.5.1.1. Diagnóstico de la situación actual en el sistema de abastecimiento.

El diagnóstico en las etapas del sistema de abastecimiento (captación, almacenamiento, tratamiento, distribución y consumo) se lo realizó mediante el método de observación directa en recorridos guiados por el operador en la infraestructura de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo", a través de la aplicación de una lista de verificación (checklist) para los cumplimientos (C) y no cumplimientos (NC) en las etapas del sistema de abastecimiento (ver Anexo 1) [56]; además, se aplicó una entrevista (ver Anexo 2) al presidente u operador para determinar características específicas de la organización, eficiencia y situación actual del sistema de abastecimiento, mediante variables mostradas en la tabla 1 [57].

Tabla 1

Variables de primer y segundo nivel para analizar la gestión y administración de la Junta de Agua Potable.

Entornos sociales, económicos y políticos (S)	
S1: Desarrollo económico S2: Tendencias demográficas S3: Políticas gubernamentales de agua	
Sistema de recursos (RS)	***Sistema de gobernanza (GS)***
RS1: Claridad de los límites del sistema RS2: Características de la infraestructura RS3: Ubicación RS4: Escasez, suministro relativo de agua (stock) RS5: Tipo de fuente de agua RS6: Características de la cuenca	GS1: Tipo de organización GS2: Responsabilidad GS3: Sistema de derechos de propiedad GS4: Reglas operativas GS5: Reglas de elección colectiva GS6: Normas constitucionales
Unidades de recursos (RU)	***Usuarios (U)***
RU1: Tasa de crecimiento o reposición de agua RU2: Distribución espacial y temporal del agua	U1: Número de beneficiarios U2: Atributos socioeconómicos U3: Historia de uso U4: Capital humano U5: Capital social U6: Prominencia
Interacciones (I)	***Resultados (O)***
I1: Problemas de motivación	O1: Estado de la infraestructura

I2: Enfoque impulsado por la demanda	O2: Satisfacción del consumidor O3: Salud financiera
Ecosistemas relacionados (ECO)	
ECO1: Patrones de contaminación ECO2: Fluye dentro y fuera del SES focal	

FUENTE: MADRÍGAL R., ALPÍZAR F., SCHLÜTER A., (2017) [57].

3.5.1.2. Percepción comunitaria sobre el servicio de Agua Potable.

Para la determinación del grado de satisfacción de los usuarios con el servicio de agua potable se aplicó una encuesta en cada hogar conectado a la red de distribución; dicha encuesta fue elaborada aplicando la escala de Líkert (ver Anexo 3), considerando los siguientes indicadores: Continuidad del servicio, Nivel de satisfacción de la calidad del agua, Presencia de enfermedades causadas por el consumo de agua, Percepción del trabajo realizado por la directiva de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" [57].

Se aplicaron encuestas piloto a una cantidad pequeña de usuarios, para posteriormente realizar la validación con el Alfa de Cronbach de los evaluadores o escalas (escala de Líkert) de los grupos de preguntas mediante el software estadístico SPSS, se eligieron aquellas preguntas que indicaron una confiabilidad igual o mayor a 0,7, seguidamente, las encuestas fueron aplicadas a todos hogares conectados en la red de distribución (57 usuarios), debido a que, la cantidad de usuarios es menor a 100 no se aplicó la fórmula del tamaño de la población [58]; finalmente, se analizaron los resultados obtenidos en la encuesta a través del Análisis de Componentes Principales (ACP), para determinar diferencias entre las preguntas e identificar las de mayor relevancia [59].

3.5.2. Analizar los peligros y riesgos del sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo".

3.5.2.1. Toma de muestras de agua en la fase de campo.

Se realizaron ocho visitas a la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo", en cada una de ellas se tomó una muestra de agua por etapa del sistema de abastecimiento (captación, almacenamiento y consumo); para esto, se aplicaron los criterios de las normas Acuerdo

Ministerial 097-A, Organización Mundial de la Salud, Anexo I del Libro VI de TULSMA y NTE INEN 1108. Se determinaron in situ los parámetros oxígeno disuelto (mg/l), pH, temperatura (°C), sólidos disueltos totales (ppm), conductividad (µS/cm), salinidad (ppt), dureza (mg/l), demanda bioquímica de oxígeno (mg/l) y la turbidez (NTU) mediante el medidores portátiles de calidad del agua; además, se utilizó kits para el análisis de los parámetros químicos de cloruros (mg/l), nitratos (mg/l), nitritos (mg/l) y fosfatos (mg/l); los coliformes se los determinó mediante un kit de presencia-ausencia de contaminación.

3.5.2.2. Índice de Calidad del Agua NSF.

Este índice norteamericano se empleó para la determinación de estándares de calidad del agua en la Junta de Agua Potable "24 de Mayo"; para tal efecto, se consideraron los siguientes parámetros y pesos relativos que conforman el índice de calidad del agua (tabla 2); además, se aplicó una corrección de pesos relativos porque el parámetro de coliformes fecales no se consideró en el índice debido a que fue medido de manera cualitativa [60].

Tabla 2

Pesos relativos de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos empleados en el ICA NSF

Parámetro	**ICA NSF (1970)**
Oxígeno Disuelto	0,17
pH	0,11
DBO	0,11
Nitratos	0,10
*Coliformes Fecales	0,16
Temperatura	0,10
Turbiedad	0,08
Solidos Disueltos Totales	0,07
Fosfatos	0,10

FUENTE: TORRES P., CRUZ C., PATIÑO P., (2009) [60].

3.5.2.2.1. Cálculo de Índices de Calidad del Agua.

El cálculo del índice de calidad fue realizado mediante la siguiente ecuación de promedio geométrico ponderado, para determinar la calidad del agua en las etapas del sistema de abastecimiento [60]:

$$ICA\ (NSF) = \left(\prod_{i=1}^{n} I_i\right) W_i$$

Donde:

***Ii*=** Es el subíndice del parámetro i.

***Wi*=** Es el peso relativo o porcentaje del parámetro i.

3.5.2.2.2. Criterios de clasificación.

Para la determinación de los niveles de clasificación en la calidad de agua de consumo humano, se consideraron los siguientes rangos: donde 0 es un agua en pésimas condiciones y 100 es un agua excelente para el consumo humano (tabla 3) [61].

Tabla 3

Criterios de calidad de agua ICA NSF

Puntuación NSF-WQI	Criterios
0 – 25	Muy mala
26 – 50	Mala
51 – 70	Regular
71 – 90	Buena
91 - 100	Excelente

FUENTE: EFFENDI H., ROMANTO, WARDIATNO Y., (2015) [61].

3.5.2.3. Análisis estadístico.

Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) no paramétrico, aplicando un diseño completamente al azar (DCA) para determinar las diferencias estadísticas de los parámetros

fisicoquímicos en las etapas del sistema de abastecimiento (captación, almacenamiento y consumo) en función del índice de calidad de agua NSF con la prueba Kruskal Wallis; y finalmente se determinaron los grupos homogéneos o iguales con la separación de medias de Dunn. Para determinar los parámetros fisicoquímicos discriminantes se aplicaron análisis exploratorio factorial y de componentes principales.

3.5.2.4. Riesgos y peligros en el sistema de abastecimiento de Agua Potable.

Se identificaron los riesgos de contaminación en las distintas etapas del sistema de abastecimiento en base a la determinación de la calidad de agua en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo", para lo cual se tomaron en consideración los siguientes criterios (tabla 4) [62]:

Tabla 4

Método semicuantitativo para calcular la clasificación del riesgo en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"

Frecuencia de aparición		**Grado de Gravedad**		**Grado de riesgo**	
Indicador	**Clasificación**	**Indicador**	**Clasificación**	**Puntuación**	**Clasificación**
Una vez al día	5	Sin efecto	1	<6	Bajo
Una vez a la semana	4	Impacto leve	2	6 – 9	Medio
Una vez al mes	3	Impacto moderado	3	10 – 15	Alto
Una vez al año	2	Impacto grave	4	>15	Muy Alto
Una vez cada 5 años	1	Impacto catastrófico en la salud de las personas	5	-	-

FUENTE: ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, (2009) [62].

Se analizaron los riesgos y peligros implementado una matriz propuesta por la Organización Mundial de la Salud que indicó los resultados obtenidos en el método semicuantitativo (tabla 4); además, mostró los peligros existentes en el sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"; la matriz se implementó con los siguientes puntos: Etapa del proceso del sistema de abastecimiento, evento peligroso, tipo de peligro, frecuencia, gravedad, grado de riesgo (multiplicación de la frecuencia con la gravedad), Clasificación del riesgo, fundamento [62].

3.5.3. Diseñar un Plan de Mejora que permita alcanzar la seguridad hídrica en las etapas de captación, almacenamiento, tratamiento y distribución de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo".

El Plan de Mejora de la Junta de Agua Potable se lo realizó de acuerdo a la metodología propuesta por la Organización Mundial de la Salud [62], que indica que para conformar el Plan de Mejora o Plan de Seguridad del Agua se debe implementar los siguientes ítems: (1) Elección del equipo de trabajo del Plan de Seguridad del Agua, (2) Descripción del sistema de abastecimiento de Agua Potable, (3) Determinación de las medidas de control de los riesgos presentados en el sistema de abastecimiento, (4) Elaboración de un plan de mejora, (5) Verificación de monitoreo de las acciones correctivas.

3.6. Instrumentos de la investigación.

Para llevar a cabo este proyecto de investigación se emplearon los siguientes instrumentos:

- Una encuesta validada previamente por el software estadístico IBM SPSS Statistics 22, fue diseñada para recolectar datos de la percepción comunitaria identificando aquellos aspectos importantes acerca de la apreciación que tienen los usuarios sobre el servicio que brinda la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo".

- Mediante la aplicación de una entrevista al presidente u operador se conocieron características importantes del desempeño que tiene la junta directiva con respecto al manejo del agua para la comunidad rural.

- El índice ICA NSF (National Sanitation Foundation) permitió evaluar y determinar la calidad del agua para consumo humano en el área de estudio por medio del análisis fisicoquímico y microbiológico del agua.

3.7. Tratamiento de datos.

En el presente proyecto de investigación se aplicaron los siguientes tratamientos:

- La aplicación del software estadístico IBM SPSS Statistics 22 permitió validar el cuestionario de la encuesta a los usuarios de calidad y administración del servicio de agua potable mediante la aplicación del Alfa de Cronbach con un nivel de confiabilidad mayor a 0,7, posteriormente se realizó un análisis factorial con la finalidad de obtener valores de esfericidad de Bartlett menor a 0,05, y el valor en la matriz de varianza acumulada de componentes mayor al 60% para determinar la factibilidad estadística de aplicación de análisis de reducción de variables; además se realizó un análisis de Componentes principales mediante la obtención de grupos en la matriz de Componentes rotados para determinar las preguntas de mayor importancia en la encuesta.

- Para la determinación del índice de calidad del agua ICA NSF se utilizó una hoja de cálculo Excel con los valores de los parámetros fisicoquímicos. Con la finalidad de mostrar diferencias estadísticas entre los parámetros fisicoquímicos analizados en los distintos puntos de muestreo se utilizó la prueba de varianza no paramétrica de Kruskal Wallis y la separación de medias de Dunn en el software estadístico IBM SPSS Statistics 22.

3.8. Recursos humanos y materiales.

Para la toma de datos y evidencias se utilizaron los siguientes materiales:

Tabla 5

Materiales usados en la toma de datos

Materiales tecnológicos	✓ GPS ✓ Computadora

	✓ Cámara ✓ Impresora
Materiales de oficina	✓ Hojas ✓ Libreta ✓ Lapiceros
Materiales de campo	✓ Agua destilada ✓ Botellas de vidrio ✓ Hielera
Software	✓ ArcGIS 10.8 ✓ IBM SPSS Statistics 22 ✓ Microsoft Excel
Laboratorio	✓ Kits de análisis de parámetros Hanna Instruments: cloruros (HI 3815), nitratos (HI 3874), nitritos (HI 3873) y fosfatos (HI 3833). ✓ Kit Innovating Science Modelo IS5031 ✓ Medidor Portátil (AZ-86031) para pH, conductividad, salinidad, TDS, OD y temperatura ✓ Medidor portátil de dureza "YD300A" ✓ Medidor portátil de turbidez "TB-100" ✓ Medidor para la demanda bioquímica de oxígeno Hanna Instruments "HI98193"

ELABORADO POR: AUTORA

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diagnóstico de la eficiencia del servicio de abastecimiento de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”.

4.1.1. Situación actual del sistema de abastecimiento.

La Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo” está conectada a una fuente de agua subterránea extraída de un pozo profundo ubicado a 80 metros de profundidad. El sistema de abastecimiento del lugar de estudio está divido en cinco etapas y una parte organizativa, en las que cuáles se detectaron los siguientes cumplimientos y no cumplimientos (tabla 6).

Tabla 6

Checklist del sistema de abastecimiento en la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”

Actividad	Verificación			Observación Directa
	C	NC	N/A	
Etapa de sistema de captación				
La bomba sumergible se mantiene en buenas condiciones	**X**			La bomba sumergible fue cambia a finales del 2020 por los directivos de la Junta, esta se encuentra a 20 metros antes del tope del pozo profundo
Se realizan monitoreos o evaluaciones de la calidad del agua captada desde el pozo profundo	**X**			La directiva de la Junta de Agua Potable realizó un análisis de la calidad del agua en el año 2020, donde los resultados indicaron que es apta para el consumo humano
Existe una cobertura que proteja el agua del pozo profundo para evitar filtraciones de residuos de arena	**X**			El pozo profundo cuenta con una capa de gravilla a su alrededor para proteger el agua
El pozo es lo suficientemente profundo para abastecer la cantidad de usuarios en la Junta de Agua Potable	**X**			Se distribuye la cantidad acordada mensualmente, incluso podría abastecer a más usuarios

Etapa de sistema de almacenamiento			
Se realizan limpiezas o mantenimiento periódicamente en el tanque de almacenamiento		**X**	No se realizan mantenimientos de limpieza mensuales; por este motivo, se detecta suciedad de polvo en la superficie de los tanques, pudiendo provocar contaminación en el agua si no se encuentran bien cerrados
Se realiza mantenimiento en las tuberías que ascienden el agua hasta el tanque de almacenamiento		**X**	Las tuberías no han sido cambiadas o revisadas desde que se construyó la Junta de Agua Potable en el 2012
El material del tanque de almacenamiento es resistente para reservar el agua administrada en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" previamente a ser distribuida.	**X**		Los dos tanques de almacenamiento son de plástico resistente a la cantidad de agua almacenada
Inexistencia de perforaciones o fugas en el tanque de almacenamiento	**X**		Desde el inicio de funcionalidad hasta la actualidad no se han reportado daños en los tanques de almacenamiento
Etapa de sistema de tratamiento			
Se realiza la clorificación en al agua como método de desinfección y prevención de enfermedades previamente a distribuirla a los usuarios		**X**	No se realiza la aplicación de cloro como método de tratamiento para la desinfección del agua.
La desinfección del agua para consumo humano es la recomendada por la OMS, con estándares de concentración residual de cloro de ≥ 0.5 mg/l, y como cantidad mínima 0.2 mg/l.		**X**	

El dosificador de cloro se encuentra en las condiciones aptas para su funcionamiento	**X**		
Se realiza el método de filtración como tratamiento para eliminar o disminuir cantidades de arena suspendida		**X**	No existe ningún tipo de tratamiento con filtros que eviten la presencia de residuos de arena en el agua, sin embargo, la Junta de Agua Potable muy pocas veces ha suscitado este tipo de problemas
Etapa de sistema de distribución			
Existen válvulas de desfogue en cada sección de la red de distribución	**X**		Las válvulas de desfogue se encuentran ubicadas al inicio, en medio y al final de la red de distribución para poder eliminar cualquier tipo de impurezas y aire acumulado en las redes de distribución
El relieve del terreno facilita la distribución del agua	**X**		El terreno que cubre todas las redes de distribución es relativamente plano
Etapa de sistema de consumo			
Los usuarios cuentan con medidores propios en cada uno de sus hogares	**X**		La administración de la Junta de Agua Potable controla las cantidades de agua distribuidas al mes a través de los medidores
Los usuarios consumen el agua sin hervirla previamente		**X**	Aunque el agua mantiene un color cristalino, existen usuarios que si prefieren hervir el agua antes de su consumo
Organización de la directiva			
Existe una buena organización, desempeño y motivación en la directiva de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de mayo”	**X**		Cada miembro de la junta directiva desempeña sus funciones de manera pertinente
Se realizan asambleas entre la directiva de la Junta de Agua Potable		**X**	Se realizan reuniones entre los usuarios y los directivos de la Junta de Agua Potable, sin embargo, las reuniones no son

“Colonia 24 de Mayo” y sus usuarios			mensuales y se realizan pasando 5 o 6 meses
Se toma en cuenta los comentarios u observaciones que realizan los usuarios para mejorar la calidad del servicio	**X**		En las asambleas se socializa las decisiones tomadas por la junta a los usuarios y se considera la opinión de cada uno de ellos; aunque, muchas veces no asisten todos a las reuniones convocadas
Los usuarios cumplen con los pagos mensualmente por el servicio de Agua Potable		**X**	Existen problemas de pagos por algunos usuarios que se retrasan con las mensualidades que deben pagar por el servicio

ELABORA POR: AUTORA.

Mediante la entrevista realizada al presidente u operador se pudo obtener la siguiente información:

La Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo” se construyó en el año 2012, con un importante apoyo del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Buena Fe para la perforación del pozo profundo e implementación de equipos como la bomba sumergible y los dos tanques de almacenamiento. En la actualidad existen un total de 57 usuarios activos; sin embargo, el sistema de abastecimiento de agua tiene una proyección máxima de 70 usuarios. La cantidad de agua distribuida a los hogares es de 15 m^3/mes (controlada por un medidor), pagando un valor monetario de $ 4,00, en caso de exceder la cantidad planteada se paga un valor adicional de $ 0,50 por cada metro cúbico; en función de ello, existen inconformidades por parte de usuarios, al no querer cancelar la cantidad excedida de agua.

La bomba sumergible ubicada en el pozo profundo es de acero inoxidable y cuenta con una potencia de 3 HP (Horsepower) que ayuda a llenar el pozo en el transcurso de una hora aproximadamente (varía dependiendo el uso del agua), esta bomba fue renovada el 15 de noviembre del 2020; aunque, en el año 2017 se presentó una ausencia del agua durante 4 días aproximadamente, debido a un daño en la bomba sumergible utilizada en ese año, donde, se presentaron problemas de desprendimiento de tierra en la parte más profunda del pozo. Para subsanar este tipo de problemas ocasionados por las vibraciones de la bomba, la

Junta de Agua Potable “24 de Mayo” aplica como medida preventiva el uso de gravilla como capa protectora en el pozo y en el tubo matriz conectado a la bomba; además, con esta misma medida están previniendo que haya variaciones de la disponibilidad del agua en invierno y verano.

El agua extraída del pozo profundo es bombeada directamente a los dos tanques de almacenamiento de plástico (polietileno extra virgen) con una capacidad máxima de 1000 litros por cada tanque, se realizan mantenimientos de limpieza cada 5 o 6 meses dependiendo si existe un problema de presencia de residuos de arena. El agua baja por gravedad hacia las redes de distribución que tienen un material de policloruro de vinilo (PVC), siguiendo el trazo de la calle principal y secundarias tardando un tiempo aproximado de 20 minutos hasta llegar a los usuarios, comenzando con una tubería principal conectada a la bomba sumergible de 6 pulgadas, dos secundarias de 2.4 pulgadas y tuberías para las tomas domiciliarias de 2 pulgadas, estas tuberías no reciben mantenimientos debido a la inexistencia de fugas, solo se utiliza tres válvulas de desfogue para eliminar impurezas; finalmente el agua es distribuida a los 57 usuarios en horarios de 5 AM a 10 PM con un sistema automatizado mediante un tablero eléctrico.

La junta directiva se encuentra conformada por el presidente, tesorera, secretaria, vocal principal y secundaria, cumplen con las funciones administrativas y organizacionales dentro de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”; por este motivo, cuenta con fondos monetarios que les ha permitido solucionar problemas que se han presentado en el sistema de abastecimiento. Durante los años de funcionamiento de la Junta no se han realizado monitoreos por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Buena Fe y el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MATE); sin embargo, el presidente recibió asesoramientos para mejorar su desempeño y funciones como operador por parte de la Secretaria Nacional del Agua cuando aún se encontraba en vigencia.

4.1.2. Percepción comunitaria del servicio de Agua Potable.

4.1.2.1. Análisis de fiabilidad de la encuesta.

El Alfa de Cronbach obtuvo un valor de fiabilidad de 0,73 en la encuesta aplicada a los usuarios, eliminando la pregunta 8 acerca de si los usuarios estarían de acuerdo en que se

apliquen otros tipos de tratamiento del agua (Anexo 3), obteniendo la validación del cuestionario al cumplir con el criterio de fiabilidad mayor a 0,7.

4.1.2.2. Análisis de Componentes principales.

Posteriormente, en la matriz de Componentes principales el valor de KMO (Medida Kaiser–Meyer–Olkin) fue de 0,72; mientras, el test de esfericidad de Bartlett es altamente significativo. Se aplicó el criterio de correlación mayor a 0,7 en la matriz de comunalidades excluyendo las preguntas 1, 2, 6, 7, 9, 10, 14, 15, 17, 21 y 22 (Anexo 3), manteniendo las preguntas mostradas en la tabla 7.

Tabla 7

Análisis de comunalidades de la encuesta de percepción comunitaria

	Inicial	**Extracción**
3. ¿Considera usted que el agua que consume tiene olores extraños?	1,00	0,74
4. ¿Considera usted que el agua que consume tiene colores extraños?	1,00	0,94
5. ¿Considera usted que el agua que consume tiene sabores extraños?	1,00	0,94
11. ¿Considera usted que se pueden adquirir enfermedades digestivas por la presencia de contaminantes en el agua potable?	1,00	0,80
12. ¿Cree usted que la implementación de mejores métodos de tratamiento puede evitar enfermedades digestivas por la presencia de contaminantes en el agua potable?	1,00	0,84
13. ¿Considera que la cloración en el tratamiento de agua potable puede evitar la presencia de enfermedades digestivas?	1,00	0,81
16. ¿Considera necesario realizar seguimientos o evaluaciones en las etapas del sistema de abastecimiento de la Junta de Agua potable para evitar la presencia de enfermedades por contaminación del agua?	1,00	0,80

18. ¿Está de acuerdo con los horarios de distribución del servicio de agua en la Junta de Agua Potable?	1,00	0,72
19. ¿Considera adecuado el valor que paga por el servicio de agua potable?	1,00	0,79
20. ¿La continuidad del servicio de agua siempre es permanente?	1,00	0,85

FUENTE: IBM SPSS STATISTIC 22

ELABORADO POR: AUTORA.

La varianza total explicada del análisis de Componentes principales fue de 82,83%, donde el primer y segundo componente obtuvieron porcentajes de varianza del 26,63% y 25,52% respectivamente; mientras, los componentes tres y cuatro reportaron menor variabilidad con 16,43% y 14,24%, los demás factores mostrados tienen una variabilidad mínima; por este motivo, se escogen los cuatro primeros componentes (tabla 8).

Tabla 8

Varianza total explicada de Componentes Principales

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	3,05	30,45	30,45	3,05	30,45	30,45	2,66	26,63	26,63
2	2,52	25,17	55,62	2,52	25,17	55,62	2,55	25,52	52,15
3	1,47	14,70	70,32	1,47	14,70	70,32	1,64	16,43	68,58
4	1,25	12,51	82,83	1,25	12,51	82,83	1,43	14,25	82,83
5	0,53	5,29	88,12						
6	0,39	3,92	92,04						
7	0,33	3,28	95,31						
8	0,27	2,70	98,02						
9	0,20	1,99	100,00						
10	6,67E-18	6,67E-17	100,00						

FUENTE: IBM SPSS STATISTIC 22

ELABORADO POR: AUTORA.

Los Componentes rotados indican correlaciones entre las preguntas (números de rojo); el primer componente se relaciona con la calidad organoléptica del agua en términos de olor, color y sabor. El segundo componente consiste en una relación positiva (correlación positiva) de los ítems de funcionamiento administrativo de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo". El tercer componente mantiene una relación positiva entre las preguntas relacionadas con el tratamiento del agua; mientras, el último componente es afín a la percepción de las personas con respecto a las enfermedades del agua y el desconocimiento de la necesidad de mejorar su tratamiento (tabla 9).

Tabla 9

Matriz de Componente rotado de correlación entre las preguntas

	Componente			
	1	2	3	4
3. ¿Considera usted que el agua que consume tiene olores extraños?	**0,86**	-0,02	-0,07	-0,07
4. ¿Considera usted que el agua que consume tiene colores extraños?	**0,96**	0,07	0,09	0,11
5. ¿Considera usted que el agua que consume tiene sabores extraños?	**0,96**	0,07	0,09	0,11
11. ¿Considera usted que se pueden adquirir enfermedades digestivas por la presencia de contaminantes en el agua potable?	0,08	-0,02	-0,04	**0,89**
12. ¿Cree usted que la implementación de mejores métodos de tratamiento puede evitar enfermedades digestivas por la presencia de contaminantes en el agua potable?	-0,08	-0,11	**0,91**	-0,07
13. ¿Considera que la cloración en el tratamiento de agua potable puede evitar la presencia de enfermedades digestivas?	0,22	0,35	**0,80**	-0,01
16. ¿Considera necesario realizar seguimientos o evaluaciones en las etapas del sistema de abastecimiento de la Junta de Agua potable para evitar la presencia de enfermedades por contaminación del agua?	-0,09	**0,58**	0,33	**-0,59**

18. ¿Está de acuerdo con los horarios de distribución del servicio de agua en la Junta de Agua Potable?	-0,02	**0,67**	0,20	0,49
19. ¿Considera adecuado el valor que paga por el servicio de agua potable?	0,05	**0,89**	0,04	-0,06
20. ¿La continuidad del servicio de agua siempre es permanente?	0,09	**0,92**	-0,03	-0,10

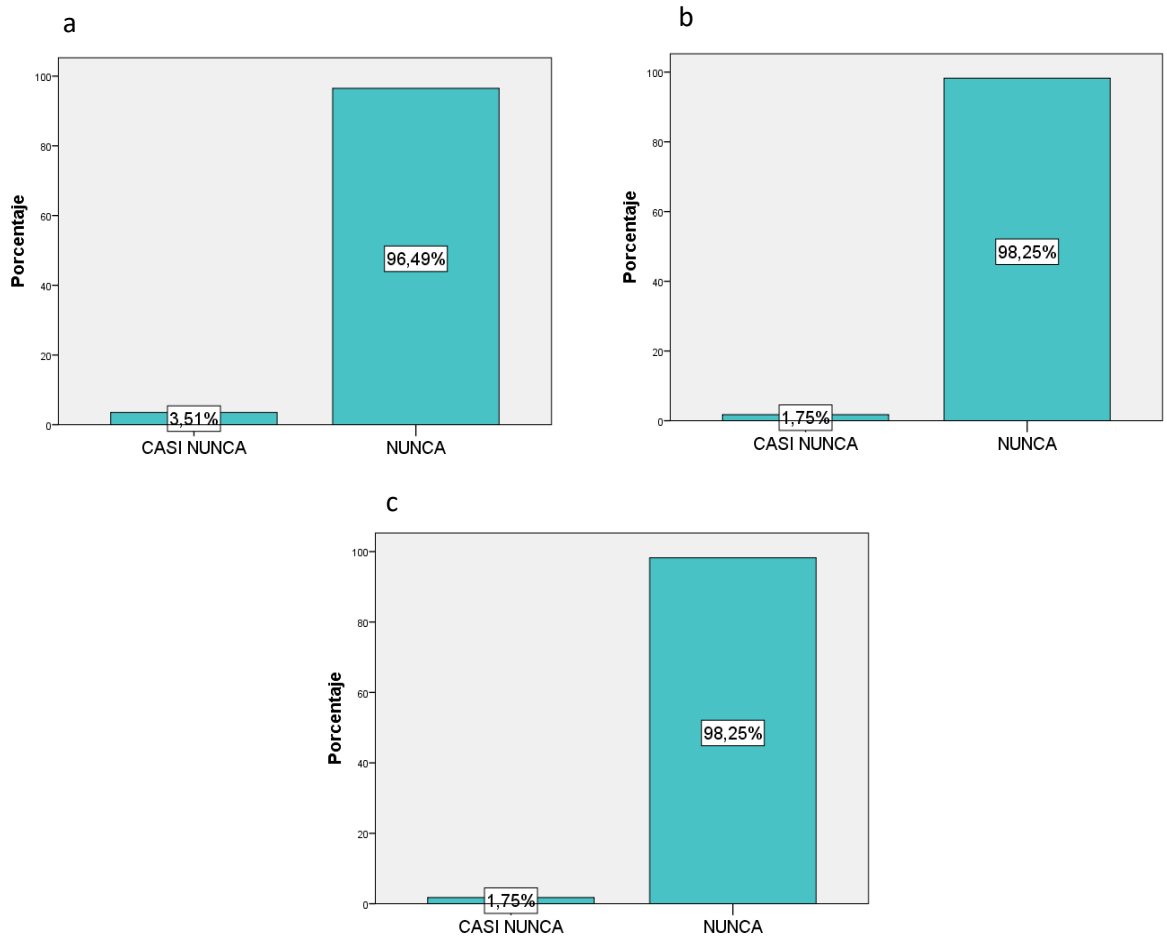
Componente 1: Calidad organoléptica del agua; componente 2: funcionamiento administrativo; componente 3: tratamiento del agua; componente 4: enfermedades digestivas por agua contaminada.

ELABORADO POR: AUTORA.

4.1.2.3. Análisis de las preguntas correlacionadas por componentes.

En la figura 2 se muestran los resultados obtenidos en las preguntas 3 (a), 4 (b) y 5 (c) que cuentan con una correlación positiva en el primer componente de calidad organoléptica del agua; esto indica que, los usuarios de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" nunca han detectado problemas en el agua de olores, sabores y colores extraños, representados en porcentajes del 96,49%, 98,25% y 98,25% respectivamente; sin embargo, una o dos personas manifestaron que en algún momento el agua presentó estas características por un tiempo muy corto.

Figura 2. Componentes 1: Calidad organoléptica del agua



a: pregunta 3. Olores extraños del agua; b: pregunta 4. Colores extraños, c: pregunta 5. Sabores extraños.

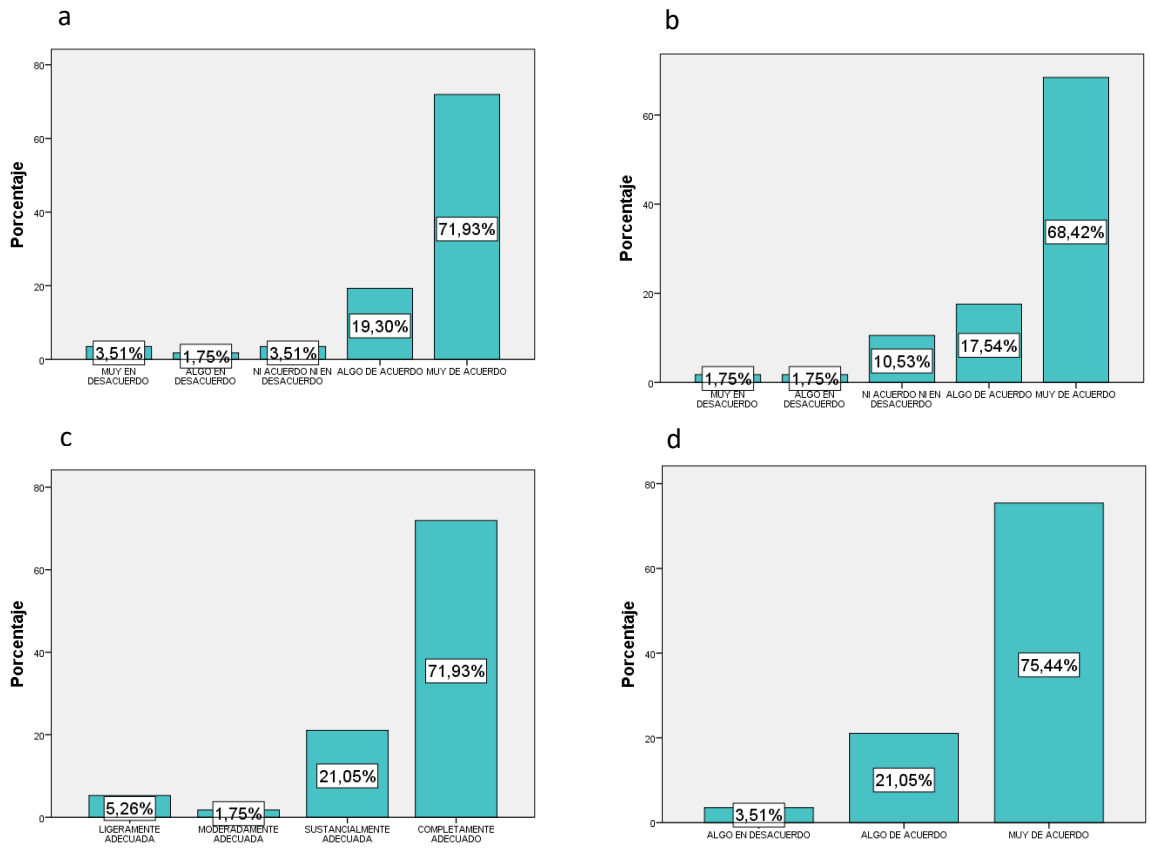
ELABORADO POR: AUTORA.

Los resultados obtenidos en la figura 3 muestran que existe una relación positiva entre las preguntas 16 (a), 18 (b), 19 (c) y 20 (d), debido a que, las personas manifiestan en su mayoría que se encuentran muy de acuerdo con el desempeño de la toma de decisión por parte de la directiva de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"; mientras tanto, en la pregunta 16 (a) se reporta que el 71,93% consideran necesario realizar algún tipo de evaluación en el sistema de abastecimiento para evitar la presencia de enfermedades, y un 28,07% indican que no es muy necesario realizar una evaluación en la actualidad, porque ya se realizó un análisis de calidad del agua en el año 2020.

En la pregunta 18 (b) a pesar de que la mayoría de los usuarios se encuentran conformes con el horario de distribución (68,42%), aún existe un 31,57% que no se encuentran muy de

acuerdo, por motivo de ciertas actividades de trabajo para las cuales requieren el uso del agua antes de las 5 AM; igualmente, ocurre con la pregunta 20 (d), debido que si la mayoría de usuarios están de acuerdo con el horario de distribución también lo están con la permanencia del agua (75,44%). Por otro lado, un 71,93% de usuarios consideraron adecuado el valor de $4,00/mes que pagan por el servicio (c) (figura 3).

Figura 3. Componente 2: Administración del servicio de agua



a: pregunta 16. Seguimientos o evaluaciones en las etapas del sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable para evitar enfermedades por contaminación del agua; b: pregunta 18. Horarios de distribución del servicio de agua; c: Valor monetario por el servicio de agua; d: Continuidad del servicio de agua y su permanencia.

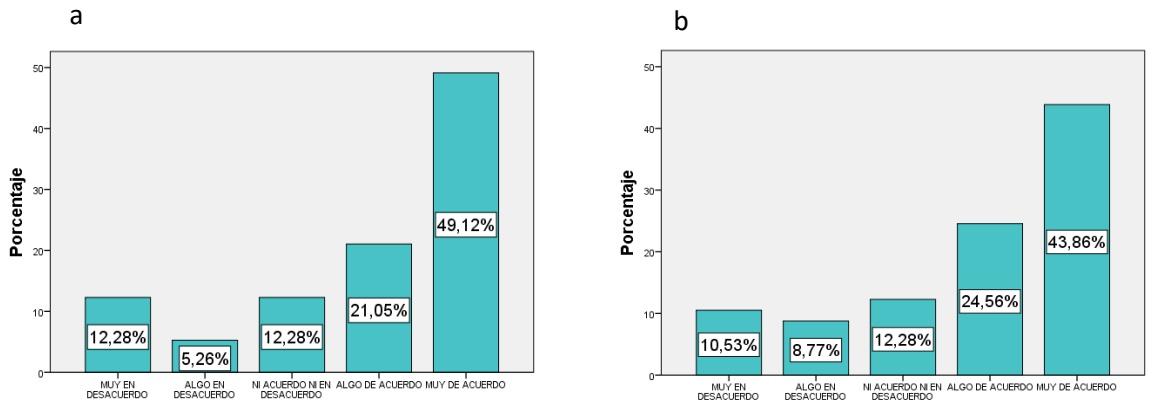
ELABORADO POR: AUTORA.

La figura 4 reporta una relación positiva entre las preguntas 12 (a) y 13 (b), teniendo respuestas correlacionadas con respecto al tratamiento del agua. En pocas palabras, un 56,14% creen que el tratamiento de cloro no es suficiente para evitar la existencia de enfermedades digestivas (b); por esta razón, la mayoría de los usuarios están de acuerdo que

la implementación de mejores métodos en el tratamiento puede evitar la presencia de este tipo de enfermedades (49,12%) (a).

De igual manera un 43,86% de las personas están de acuerdo que el tratamiento por cloración es suficiente para eliminar bacterias presentes en el agua y lograr que mejore su calidad para el consumo humano (b), estas mismas personas (50,87%) reportan que no se encuentran totalmente de acuerdo en que se realice otro tipo de tratamiento, debido a que consideran que el agua captada de pozos profundos no necesita mayor tratamiento (a) (figura 4).

Figura 4. Componente 3: Tratamiento del agua

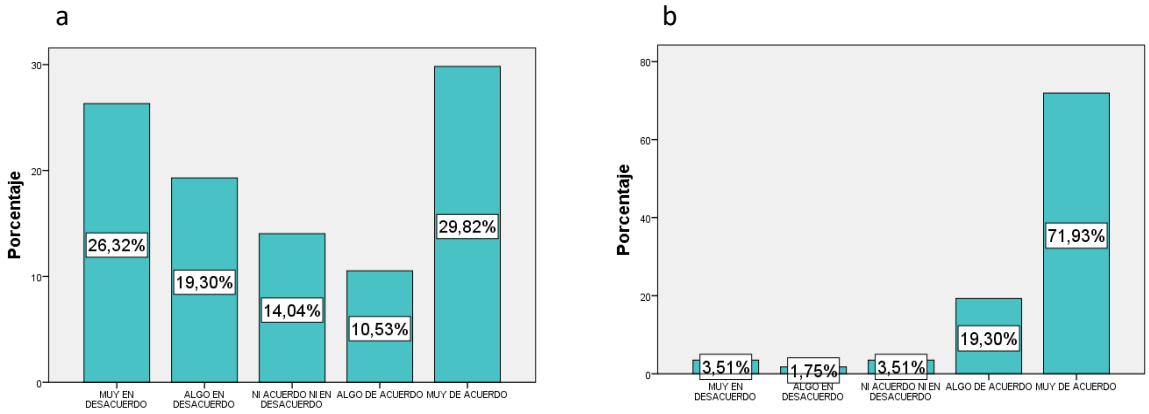


a: pregunta 12. Implementación de mejores métodos de tratamiento para evitar enfermedades digestivas por la presencia de contaminantes en el agua; b: pregunta 13. Implementación de cloro como tratamiento para evitar la presencia de enfermedades.

ELABORADO POR: AUTORA.

En el caso de la figura 5 se manifiesta una relación negativa en las preguntas 11 (a) y 16 (b); como resultado, un 70,19% indican que no están muy de acuerdo en que se pueden obtener enfermedades digestivas por la presencia de contaminantes en el agua y solo un 29,82% creen que si se pueden adquirir estas enfermedades (a); sin embargo, el 71,93% reportan que es necesario realizar seguimientos en el sistema de abastecimiento para evitar este tipo de enfermedades (b). En resumen, existen contradicciones en las respuestas de los usuarios, esto es generado por el desconocimiento sobre la presencia de enfermedades digestivas ocasionadas por el agua.

Figura 5. Componente 4: Enfermedades digestivas por contaminación del agua



a: pregunta 11. Enfermedades digestivas por la presencia de contaminantes en el agua; b: pregunta 16. Seguimientos o evaluaciones en las etapas del sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable para evitar enfermedades por contaminación del agua.

ELABORADO POR: AUTORA.

4.2. Análisis de los peligros y riesgos del sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo".

4.2.1. Caracterización de parámetros fisicoquímicos y microbiológico de la calidad del agua.

4.2.1.1. ANOVA.

Mediante la prueba Kruskal Wallis se determinó que el pH tiene diferencias estadísticamente significativas entre las etapas, puesto que el valor de P es menor a 0,05 con un nivel de confianza del 95%; además, las medias de Dunn demostraron que los valores de captación y almacenamiento son homogéneos, mientras que en consumo se comportaron diferentes al tener variaciones más altas. En general, la mayoría de los parámetros no tuvieron diferencias estadísticas en los análisis de las etapas del sistema de abastecimiento. En el caso del ICA NSF las medias indicaron que la calidad del agua es homogénea en las etapas de captación, almacenamiento y consumo, demostrando que según los criterios de clasificación en la tabla 3 la calidad del agua en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" es regular con un valor de 56 (tabla 10).

Tabla 10

Análisis de varianza no paramétrico de los parámetros fisicoquímicos

Parámetros	Captación	Almacenamiento	Consumo	P
pH	6,25a	6,21a	6,45b	0,009
Temperatura (°C)	25,60a	25,34a	25,81a	0,112
Nitrato (mg/l)	12,50a	12,50a	11,50a	0,785
Nitrito (mg/l)	0,10	0,10	0,10	-
Cloruro (mg/l)	8,25a	12,38a	8,00a	0,480
Fosfato (mg/l)	1,88a	1,63a	1,63a	0,597
Conductividad (uS)	163,16a	164,29a	164,73a	0,580
Oxígeno Disuelto (mg/l)	3,31a	3,01a	3,15a	0,900
Salinidad (ppt)	0,10a	0,09a	0,09a	0,528
Sólidos Disueltos Totales (ppm)	87,99a	88,39a	88,71a	0,576
Dureza (mg/l)	2,94a	3,40a	3,13a	0,581
Turbidez (NTU)	2,38a	2,53a	2,25a	0,457
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	3,05a	3,10a	3,11a	0,945
Índice ICA NSF	55,63a	56,38a	56,00a	0,782

Letras iguales: no presentan diferencias significativas; letras diferentes: representan diferencias significativas; P: probabilidad.

ELABORADO POR: AUTORA.

4.2.1.2. Análisis de Componentes principales.

La prueba de Kaiser Mayer Olkin indicó que el Análisis de Componentes Principales tiene un ajuste bajo de 0,40, lo cual estaría relacionada con los rangos de sensibilidad de los kits de análisis físico químicos; no obstante, la prueba de esfericidad de Bartlett manifestó que el modelo es significativo y que las variables logran describir la variación de los datos. El análisis de comunalidades de los parámetros físico químicos presentó un buen ajuste para todas las variables, excepto las variables: temperatura, nitritos, fosfatos, oxígeno disuelto, salinidad y DBO, esto debido a que presentaron comunalidades inferiores a 0,7 (tabla 11).

Tabla 11

Análisis de comunalidades de los parámetros fisicoquímicos

	Inicial	Extracción
pH	1,00	0,93
Nitrato (mg/l)	1,00	0,84
Cloruro (mg/l)	1,00	0,88
Conductividad (uS)	1,00	0,86
Sólidos Disueltos Totales (ppm)	1,00	0,94
Dureza (mg/l)	1,00	0,93
Turbidez (NTU)	1,00	0,95

FUENTE: IBM SPSS STATISTIC 22

ELABORADO POR: AUTORA.

El análisis factorial tiene un buen ajuste, logra representar el 90% de la varianza total del estudio, en el que se forman 4 componentes por encima del autovalor 1, extrayendo así los componentes que expliquen la mayor variabilidad. El componente de mayor variabilidad fue el primer componente (30%); mientras, el ultimo componente es el de menor varianza con el 17,90% (tabla 12).

Tabla 12

Varianza total explicada de los parámetros fisicoquímicos

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	2,19	31,35	31,35	2,19	31,35	31,35	2,10	30,01	30,01
2	1,52	21,64	52,99	1,52	21,64	52,99	1,50	21,36	51,37
3	1,45	20,66	73,64	1,45	20,66	73,64	1,48	21,08	72,46
4	1,17	16,71	90,36	1,17	16,71	90,36	1,25	17,90	90,36

FUENTE: IBM SPSS STATISTIC 22

ELABORADO POR: AUTORA.

El Análisis de Componentes Principales se conformó de cuatro componentes, el primer componente integrado por los parámetros fisicoquímicos de cloruro y dureza con una relación positiva, el segundo componente está compuesto por la relación negativa entre el nitrato y conductividad, mientras el tercer componente está conformado por la relación positiva entre Sólidos Disueltos Totales (SDT) y turbidez, finalmente el cuarto componente formado por la relación positiva entre el pH y los SDT (tabla 13).

Tabla 13

Matriz de Componentes rotados de los parámetros fisicoquímicos

	Componentes			
	1	2	3	4
pH	0,08	0,02	-0,02	**0,96**
Nitrato (mg/l)	0,29	**0,85**	0,01	-0,21
Cloruro (mg/l)	**0,92**	0,20	0,03	0,01
Conductividad (uS)	0,30	**-0,84**	0,04	-0,26
Sólidos Disueltos Totales (ppm)	0,39	-0,04	**0,81**	**0,37**
Dureza (mg/l)	**0,93**	-0,19	-0,04	0,12
Turbidez (NTU)	-0,25	0,01	**0,90**	-0,27

ELABORADO POR: AUTORA.

4.2.2. Comparación con criterios de la normativa de parámetros fisicoquímicos y microbiológico.

En la etapa de captación se identificaron dos parámetros que están fuera de lo establecido en las normativas, el parámetro fosfato no cumplió con el criterio establecido por la OMS debido principalmente al uso de insecticidas en cultivos de cacao presentes en el área de estudio, y la Demanda Bioquímica de Oxígeno pasó el límite máximo permisible recomendado en el Acuerdo Ministerial 097-A. Además, en la etapa de almacenamiento los coliformes fecales estuvieron presentes durante los ocho muestreos realizados en el tanque de almacenamiento, incumpliendo con lo indicado por la normativa INEN 1108 que con el valor <1 está estableciendo que no se deben encontrar colonias de coliformes. Finalmente, los parámetros de nitrato y Demanda Bioquímica de Oxígeno se encontraron fuera de los

criterios del Anexo I del Libro VI de TULSMA por la presencia de prácticas agrícolas y materia orgánica en el agua respectivamente, de igual manera se manifestó la presencia de coliformes fecales. Sin embargo, es importante destacar que la mayoría de los parámetros cumplieron los criterios de las normativas de calidad del agua (tabla 14).

Tabla 14

Contraste de la normativa con los parámetros en las etapas del sistema de abastecimiento

Etapa	Parámetros	Promedio	Normativas			
			Acuerdo Ministerial 097-A	OMS	Anexo I del Libro VI de TULSMA	INEN 1108
Captación	pH	6,25	6 - 9			
	Temperatura (°C)	25,60				
	Nitrato (mg/l)	12,50	50	50		
	Nitrito (mg/l)	0,10	0,2	3		
	Cloruro (mg/l)	8,25		250		
	Fosfato (mg/l)	**1,88**		1		
	Conductividad (uS)	163,16		250		
	Oxígeno Disuelto (mg/l)	3,31				
	Salinidad (ppt)	0,10			0,5	
	Sólidos Disueltos Totales (ppm)	87,99		1000		
	Dureza (mg/l)	2,94		500		
	Turbidez (NTU)	2,38	100	5		
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	**3,05**	<2			
	Coliformes fecales	Presente				
Almacenamiento	pH	6,21				7
	Temperatura (°C)	25,34				
	Nitrato (mg/l)	12,50		50		
	Nitrito (mg/l)	0,10		3		0,2
	Cloruro (mg/l)	12,38		250		
	Fosfato (mg/l)	1,63				
	Conductividad (uS)	164,29		250		
	Oxígeno Disuelto (mg/l)	3,01				
	Salinidad (ppt)	0,09				
	Sólidos Disueltos Totales (ppm)	88,39		1000		

	Dureza (mg/l)	3,40	500		
	Turbidez (NTU)	2,53	5		5
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	3,10			
	Coliformes fecales	**Presente**			<1
Consumo	pH	6,45		6 - 9	7
	Temperatura (°C)	25,81		23 - 28	
	Nitrato (mg/l)	**11,50**	50	10	50
	Nitrito (mg/l)	0,10	3	1	0,2
	Cloruro (mg/l)	8,00	250	250	
	Fosfato (mg/l)	1,63			
	Conductividad (uS)	164,73	250		
	Oxígeno Disuelto (mg/l)	3,15		6	
	Salinidad (ppt)	0,09			
	Sólidos Disueltos Totales (ppm)	88,71	1000	1000	
	Dureza (mg/l)	3,13	500	500	
	Turbidez (NTU)	2,25	5	100	5
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	**3,11**		2	
	Coliformes fecales	**Presente**			<1

OMS: Organización Mundial de la Salud; TULSMA: Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente; INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

ELABORADO POR: AUTORA.

4.2.3. Identificación de peligros en el sistema de abastecimiento.

A partir de los resultados obtenidos, se identificaron los eventos peligrosos en las etapas del sistema de abastecimiento, y los peligros asociados que indican las consecuencias que se darían en caso de ser persistente el evento. Uno de los peligros más importantes es la inexistencia de tratamiento en el agua captada del pozo profundo, esto podría causar la presencia de enfermedades microbianas debido a la no potabilización del agua, otro peligro muy frecuente en las etapas de captación y distribución es la presencia de cultivos pudiendo provocar contaminación por filtraciones de agroquímicos en el agua (tabla 15).

Tabla 15

Peligros identificados en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"

Etapa	Evento peligroso	Peligro asociado
Captación	Cantidades pequeñas de gravilla en el tubo matriz conectado a la bomba sumergible del pozo	Vibraciones de la bomba sumergible
	Casa cerca del pozo de la Junta sin sistema de tratamiento de aguas grises y sépticos	Contaminación cruzada
	Presencia de cultivos de cacao al exterior del pozo subterránea de la captación del agua	Contaminación del agua
Almacenamiento	Falta de mantenimiento y limpieza en los tanques de almacenamiento mensualmente	Sedimentos de polvo en el agua
	Escaso mantenimiento en la tubería que asciende el agua desde el pozo hasta los tanques de almacenamiento	Contaminación del agua
	Poca capacidad de almacenamiento de los dos tanques	Daño de bomba sumergible
Tratamiento	No se realiza ningún tipo de tratamiento para la desinfección del agua previo a su distribución	Enfermedades
Distribución	Ausencia de mantenimiento de la red principal y secundaria de distribución	Contaminación del agua
	Presencia de cultivos de cacao y banano en el entorno de las tuberías de la red de distribución	Daños de infraestructura-contaminación del agua
Consumo	Desconocimiento de las enfermedades que se pueden adquirir por el consumo de agua contaminada	Enfermedades

ELABORADO POR: AUTORA.

4.2.3.1. Evaluación de peligros y riesgos mediante el método semicuantitativo.

Los peligros identificados recibieron una clasificación de acuerdo con su nivel de riesgo, en los cuales se detectaron cinco muy altos en las etapas de captación (2), tratamiento (1) y distribución (2); además, se encontraron dos peligros altos (almacenamiento y consumo), dos medios (captación y almacenamiento) y uno bajo (almacenamiento) (tabla 16).

Tabla 16

Evaluación de peligros y riesgos en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"

Etapa	Evento peligroso	Tipo de peligro	Frecuencia	Gravedad	Grado de riesgo	Clasificación del riesgo	Fundamento
Captación	Cantidades pequeñas de gravilla en el tubo matriz conectado a la bomba sumergible del pozo	Físico	3	3	9	Medio	Posibles vibraciones de la bomba sumergible, provocando desprendimiento de sedimentos de arena en el interior del pozo profundo
	Casa cerca del pozo de la Junta sin sistema de tratamiento de aguas grises y sépticos	Microbiológico	5	5	25	Muy alto	Contaminación cruzada del agua del pozo de captación por filtraciones y escorrentías

	Presencia de cultivos de cacao al exterior del pozo subterránea de la captación del agua	Químico	5	4	20	Muy alto	Filtración de agroquímicos o plaguicidas en el agua subterránea del pozo profundo
Almacenamiento	Falta de mantenimiento y limpieza en los tanques de almacenamiento mensualmente	Microbiológico	3	3	9	Medio	Ingreso de sedimentos de polvo en el agua almacenada, rugosidad por aglomeración de sedimentos
	Escaso mantenimiento en la tubería que asciende el agua desde el pozo hasta los tanques de almacenamiento	Microbiológico	4	3	12	Alto	Contaminación del agua por la presencia de suciedades en el interior de la tubería y formación de biopelículas
	Poca capacidad de almacenamiento de los dos tanques	Físico	5	1	5	Bajo	Daño de la bomba sumergible al estar encendida durante muchas horas al día

Tratamiento	No se realiza ningún tipo de tratamiento para la desinfección del agua previo a su distribución	Químico	5	5	25	Muy alto	Presencia de enfermedades digestivas en los usuarios
Distribución	Ausencia de mantenimiento de la red principal y secundaria de distribución	Microbiológico	5	5	25	Muy alto	Posible presencia de fugas en la red de distribución y contaminación del agua
	Presencia de cultivos de cacao y banano en el entorno de las tuberías de la red de distribución	Químico	5	4	20	Muy alto	Posible ruptura de las tuberías y filtración de agroquímicos o plaguicidas en el agua
Consumo	Desconocimiento de las enfermedades que se pueden adquirir por el consumo de agua contaminada	Físico	5	2	10	Alto	Casos de morbilidad de enfermedades por consumo de agua

ELABORADO POR: AUTORA.

4.3. Diseño de un Plan de Mejora para alcanzar la seguridad hídrica en las etapas de captación, almacenamiento, tratamiento, distribución y consumo de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”.

4.3.1. Título de la propuesta.

Plan de Seguridad del Agua del sistema de abastecimiento en la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”, cantón Buena Fe, provincia Los Ríos.

4.3.2. Justificación.

La seguridad hídrica en un sistema de abastecimiento se considera importante debido al control y manejo adecuado de la calidad del agua; además, se convierte en una herramienta indispensable para afrontar peligros y riesgos que se puedan presentar en las distintas etapas de captación, almacenamiento, tratamiento, distribución y consumo. La salud humana desempeña un rol fundamental en la implementación de un Plan de Seguridad del Agua, ya que si no existen controles de calidad del agua los usuarios activos se encuentran más propensos a sufrir enfermedades digestivas causadas por contaminaciones físicas, químicas o microbiológicas del agua.

Actualmente la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo” no cuenta con un programa o estrategias que ayuden a corregir peligros que se presenten en el sistema de abastecimiento; sin embargo, si cuentan con un fondo monetario que contribuya a la implementación de soluciones o medidas de control para mejorar el servicio del agua potable en calidad y cantidad. Este Plan de Mejora permitirá optimizar el servicio de agua potable, proponiendo soluciones y medidas de control basadas en los resultados obtenidos del diagnóstico de los componentes del sistema de abastecimiento, percepción comunitaria, análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua, identificación de peligros y riesgos.

4.3.3. Fundamentación.

Los Planes de Seguridad del Agua a nivel mundial son de gran importancia, implementando principalmente la metodología propuesta por la Organización Mundial de la Salud, en la cual

se consideran puntos de descripción del sistema de abastecimiento, peligros y riesgos, determinación de medidas de control y la implementación de un Plan de Mejora, con la finalidad de mejorar la calidad del agua y cumplir con los requerimientos dispuestos por la normativa ambiental vigente nacional.

La correcta gestión de la calidad del agua abarca factores económicos, sociales y ambientales, para ello es de prioridad conocer los beneficios que tiene la implementación de un Plan de Seguridad del Agua, como priorizar la necesidad de aplicar mejoras sostenibles en la infraestructura de un sistema de abastecimiento y la identificación de presupuestos para realizar reparaciones o mantenimientos en puntos específicos en las distintas etapas.

4.3.4. Objetivos del Plan de Seguridad del Agua.

4.3.4.1. Objetivo general.

Optimizar la gestión hídrica para la mejora de calidad del agua en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo".

4.3.4.2. Objetivos específicos.

- Describir el sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo".

- Proponer medidas de control para los riesgos del sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo".

- Elaborar un Plan de Mejora del sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo".

4.3.5. Importancia.

La Organización Mundial de la Salud señala que un Plan de Seguridad del Agua es importante porque propone estrategias para mitigar riesgos en el servicio que brinda un

sistema de abastecimiento, indicando que para alcanzar dichas estrategias es necesario identificar el período de implementación de las medidas de control, es decir si se realizan a corto, mediano o largo plazo [62]. La aplicación de la presente propuesta permitirá brindar información relevante a la organización de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" para que puedan mejorar la eficiencia, calidad y cantidad del agua, de esta manera se contribuirá al desarrollo sostenible del agua y cuidado de la salud humana.

4.3.6. Ubicación sectorial y física.

La ejecución de este Plan de Seguridad del Agua se llevará a cabo en todas las etapas de captación, almacenamiento, tratamiento, distribución y consumo de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" del cantón Buena Fe, con la finalidad de mejorar la satisfacción del servicio de agua potable mediante la optimización del sistema de abastecimiento.

4.3.7. Factibilidad.

Esta propuesta es factible debido a que tiene medidas de control alcanzables para los miembros directivos de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo", para que de esta manera puedan aplicarlas en beneficio de los usuarios que se abastecen del servicio de agua potable, mediante la mejora de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua.

4.3.7.1. Factibilidad social.

Al aplicar estrategias para el correcto monitoreo, manteamiento y tratamiento de la calidad del agua, se aportará con el tercer Objetivo de Desarrollo Sostenible de salud y bienestar, procurando siempre que la satisfacción de los usuarios se encuentre en un nivel alto al prevenir episodios de morbilidad relacionadas al consumo de agua del sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo".

4.3.7.2. Factibilidad legal

Para la factibilidad legal de esta propuesta es fundamental tener en cuenta la normativa ambiental vigente de la **Constitución de la República**, (Capítulo sexto de sectores

estratégicos, servicios y empresas públicas) que indica en el artículo 318: *"El agua es un recurso natural de patrimonio estratégico para el uso público, considerada de dominio imprescriptible e inalienable, siendo un recurso de vida indispensable, también, aquellas personas naturales o comunitarias podrán prestar servicios de agua a una fuente de abastecimiento de agua potable".* Además, el artículo 326 (numeral 15) establece que: *"Se prohíbe la paralización del servicio de agua potable en un tiempo de límite mayor al que establecerá la Ley para el correcto funcionamiento del servicio"* [63].

El **Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente** (Apartado de Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes) indica en el numeral 3 de principios básicos [64]: *"Las entidades que son prestadoras del servicio de agua potable tienen la obligación de controlar y resolver los problemas que se presenten en las etapas del sistema de abastecimiento de la prestación del servicio de agua potable, para subsanar los problemas deberán implementar planes de control de la contaminación causada".*

El **Plan Nacional del Buen Vivir (2017 - 2021)**, en el Objetivo 6 establece "Desarrollar las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y del desarrollo rural integral", para alcanzar esta meta en la política 6.3 indica *"Fomentar en zonas rurales el acceso a servicios de agua segura y saneamiento básico, pertinentes y de calidad"* y en la propuesta de metas para homologación de indicador y construcción de información en el primer punto manifiesta *"Incrementar al porcentaje de hogares en el área rural que cuentan con agua segura y saneamiento adecuado"*[65].

El **Código Orgánico de Organización Territoria**l [66], manifiesta lo siguiente: En el Capítulo VI del artículo 137.- Ejercicio de las Competencias Constitucionales: *"Los servicios públicos de abastecimiento de agua potable serán prestados en la forma prevista en la Constitución y la ley. Se fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos, mediante el incentivo de alianzas entre lo público y lo comunitario.* En el artículo 146.- Ejercicio de las competencias de promoción de la organización ciudadana y vigilancia de la ejecución de obras y calidad de los servicios públicos: *"Los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales, promoverán la organización de recintos, comunidades, comités barriales, organizaciones ciudadanas y demás asentamientos rurales*

en todos los ejes temáticos de interés comunitario; y establecerán niveles de coordinación con las juntas administradoras de agua potable".

El Reglamento **Ley Recursos Hídrico Usos y Aprovechamiento del Agua** en el Capítulo primera Las Juntas Administradoras de Agua Potable [67], indica lo siguiente:

- El Artículo 41 de las funciones de las Juntas Administradoras de Agua Potable en los literales: a) *"Conservar, mantener, rehabilitar y operar las infraestructuras para la prestación de los correspondientes servicios"*, c) *"Participar con la Secretaría del Agua en la protección de las fuentes de abastecimiento del sistema de agua potable evitando su contaminación".*

- Artículo 42 de las Responsabilidad y derechos de los usuarios de los servicios comunitarios de agua potable y saneamiento manifiesta que *"La Agencia de Regulación y Control del Agua normará el control periódico del cumplimiento de las actividades de las Juntas Administradoras de Agua Potable que se llevará a cabo de la forma como se indique en dichas regulaciones. Los derechos de los consumidores de los servicios comunitarios de agua potable y saneamiento serán los mismos que aquellos que se reciban de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o, por delegación de éstos, de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Parroquiales."*

- Artículo 47.- *"La Agencia de Regulación y Control del Agua dictará las regulaciones que contengan los criterios de calidad para la prestación del servicio por parte de las Juntas Administradoras de Agua Potable y comprobará la adecuación de los servicios a dichas regulaciones".*

4.3.8. Plan de trabajo.

Tabla 17

Planificación de trabajo del Plan de Seguridad del Agua de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"

NOMBRE DEL PROYECTO	OBJETIVO	UBICACIÓN	ACTIVIDADES PROPUESTAS	META	COSTOS (USD)	RESPONSABLES
Plan de Seguridad Hídrica del Agua de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"	Optimizar la gestión hídrica para la mejora de calidad del agua en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo".	Recinto Colonia 24 de Mayo, Buena Fe, Provincia Los Ríos	Describir el sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"	Para el 2025, diagnosticar en un 100% el estado de todas las etapas del sistema de abastecimiento	15210,00	Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"
			Proponer medidas de control para los riesgos del sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"	Para 2025, tener un Plan de Medidas de Control para mitigar los peligrosos presentes en el sistema de abastecimiento		
			Elaborar un Plan de Mejora del sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"	Para 2025, constar de un Plan de Mejora con los períodos establecidos para el cumplimiento de las medidas de control		

ELABORADO POR: AUTORA

4.3.9. Actividades.

4.3.9.1. Equipo de trabajo del Plan de Seguridad del Agua.

En base a problemas identificados se realiza una planificación de la gestión del agua en las etapas del sistema de abastecimiento, para ello se determina el equipo de trabajo con los miembros de la junta directiva, debido a la experiencia y conocimientos para mejorar la calidad de agua en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" (tabla 18).

Tabla 18

Equipo de trabajo PSA

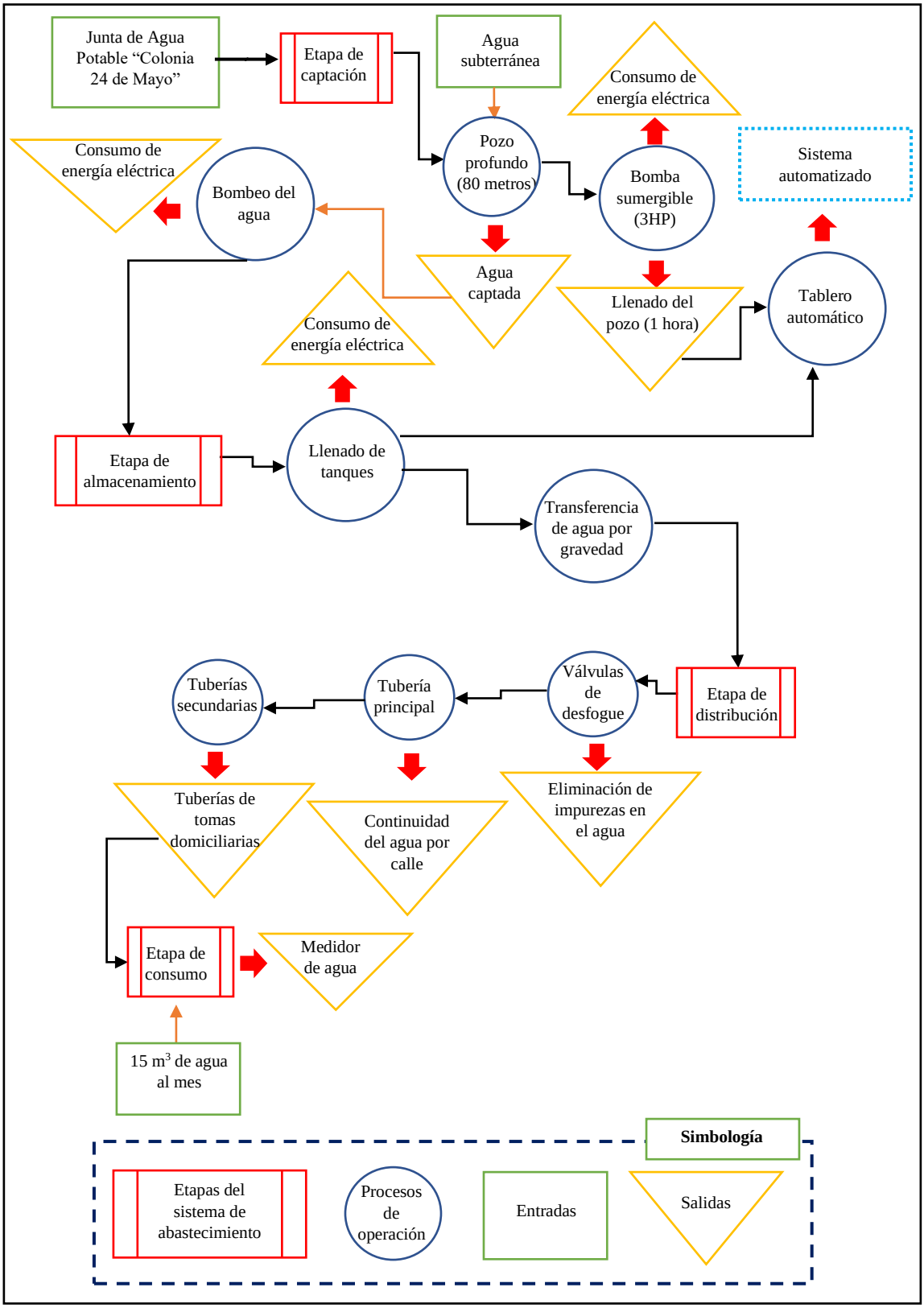
Nombre	Entidad	Cargo
Paredes Villacrés Mauro Marcelo	Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"	Operador – Presidente
Luna Martínez Jessenia Mabel	Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"	Secretaria
Betancourt Pérez Mónica Maricela	Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"	Tesorera
Méndez Luna Leonel Rene	Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"	Vocal principal
Ibarra Risco Reyes Bienvenido	Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"	Vocal secundaria
Guillermo Rosero	GAD Municipal del cantón Buena Fe	Técnico Ambiental en la Dirección de Saneamiento y Desarrollo Sustentable
Pérez Anchundia Karla Micaela	UTEQ	Consultora

ELABORADO POR: AUTORA.

4.3.9.2. Descripción del sistema de abastecimiento de Agua Potable.

El sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" se encuentra conformado por cuatro etapas (captación, almacenamiento, distribución y consumo), cada una de ellas se encuentran conectadas entre sí y logran brindar un servicio de agua para consumo en el recinto Colonia 24 de Mayo (figura 6).

Figura 6. Diagrama de flujo del sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo".



ELABORADO POR: AUTORA

4.3.9.3. Determinación de las medidas de control de los riesgos presentados en el sistema de abastecimiento.

Para la mitigación o eliminación de los riesgos identificados se establecen medidas que control para subsanar los eventos peligrosos presentados en las distintas etapas del sistema de abastecimiento (tabla 19).

Tabla 19

Medidas de control de los riesgos de las etapas del sistema de abastecimiento

Etapa	Peligro	Evento peligroso	Clasificación del riesgo	Punto crítico de control	Medida de control
Captación	Físico	Cantidades pequeñas de gravilla en el tubo matriz conectado a la bomba sumergible del pozo	Medio	Presencia de sedimentos de tierra en la captación por vibraciones de la bomba	Monitoreo de gravilla en el tubo matriz de la bomba sumergible
	Microbiológico	Casa cerca del pozo de la Junta sin sistema de tratamiento de aguas grises y sépticos	Muy alto	Contaminación de coliformes en la etapa de captación	Auditoría del estado actual de las condiciones de pozo séptico
	Químico	Presencia de cultivos de cacao al exterior del pozo subterránea de la captación del agua	Muy alto	Contaminación de fosfatos y nitratos por agroquímicos e insecticidas	Charlas con agricultores dueños de los cultivos acerca de los daños causados por contaminación agrícola

Almacenamiento	Microbiológico	Falta de mantenimiento y limpieza en los tanques de almacenamiento mensualmente	Medio	Presencia de sedimentos de polvo en el agua almacenada	Monitoreo de limpiezas en el tanque de almacenamiento
	Microbiológico	Escaso mantenimiento en la tubería que asciende el agua desde el pozo hasta los tanques de almacenamiento	Alto	Presencia de bacterias y contaminación del agua por sedimentos de tierra	Revisión del estado de la tubería para identificar la presencia o ausencia de acumulación de impurezas
	Físico	Poca capacidad de almacenamiento de los dos tanques	Bajo	Encendido de la bomba sumergible por muchas horas al día	Revisión de la capacidad de los dos tanques de almacenamiento
Tratamiento	Químico	No se realiza ningún tipo de tratamiento para la desinfección del agua previo a su distribución	Muy alto	Presencia de enfermedades	Implementación de métodos de potabilización del agua

Distribución	Microbiológico	Ausencia de mantenimiento de las red principal y secundaria de distribución	Muy alto	Presencia de contaminación microbiológica del agua	Monitoreo de fugas en las tuberías principales y secundarias de la red de distribución
	Químico	Presencia de cultivos de cacao y banano en el entorno de las tuberías de la red de distribución	Muy alto	Contaminación por agroquímicos	Auditoría de los cultivos más cercanos a las tuberías de distribución
Consumo	Físico	Desconocimiento de las enfermedades que se pueden adquirir por el consumo de agua contaminada	Alto	Presencia de enfermedades	Evaluación de conocimientos de usuarios sobre las enfermedades digestivas por consumo de agua

ELABORADO POR: AUTORA.

4.3.9.4. Plan de Mejora de la calidad de la calidad del agua de consumo.

Mediante la identificación de las medidas de control se establece un Plan de Mejora con acciones correctivas propuestas para ser aplicadas en un período determinado (tabla 20).

Tabla 20

Plan de Mejora en las medidas de control para el sistema de abastecimiento

Medida de control	Fundamento	Plan de mejora (Acción correctiva)	Validación de la acción correctiva	Responsabilidades	Tiempo límite de ejecución
Monitoreo de gravilla en el tubo matriz de la bomba sumergible	Se ha identificado poca cantidad de gravilla en el tubo matriz conectado a la bomba sumergible, pudiendo provocar vibraciones y desprendimiento de tierra	Aumentar cantidades de gravilla diariamente en caso de ser necesario	Informe de anexos mostrado en reuniones de la junta directiva con usuarios	Operador	Corto plazo
Auditoría del estado actual de las condiciones de pozo séptico	Se ha detectado bacterias de coliformes fecales ocasionadas por la presencia de una casa cerca la fuente de captación	Implementar pozo séptico de polietileno que es menos susceptibles a fugas o infiltraciones	Facturas de los gastos realizados en la implementación del sistema de tratamiento de aguas grises y séptico	Técnico en instalación, mantenimiento y tratamiento de pozos sépticos	Mediano plazo

Charlas con agricultores dueños de los cultivos acerca de los daños causados por contaminación agrícola	Mediante el análisis fisicoquímico del sistema de abastecimiento se ha encontrado la presencia de nitratos y fosfatos por cultivos de cacao en torno a la etapa de captación	Fortalecer la capa de protección del pozo de captación con hormigón y gravilla y capacitar a los agricultores sobre la implementación de buenos hábitos en el manejo de agroquímicos	Análisis de calidad del agua en la etapa de captación - Informe de asistencia de agricultores a la capacitación	Miembros de la directiva - Ingeniero Agrónomo	Largo plazo
Monitoreo de limpiezas en el tanque de almacenamiento	Durante la evaluación de riesgos se ha identificado presencia de sedimentos de polvo en los tanques de almacenamiento	Establecer un cronograma de limpiezas de una vez al mes en los dos tanques de almacenamiento	Ausencia de suciedades en el interior y exterior de los tanques de almacenamiento	Operador	Corto plazo
Revisión del estado de la tubería para identificar la presencia o ausencia de acumulación de impurezas	En el proceso de monitoreo se ha detectado que la tubería de ascenso del agua desde el pozo hasta los tanques presenta suciedades adheridas a la pared de la tubería	Limpiar cada 4 meses con mangueras de agua a presión y uso de bicarbonato de sodio para eliminar impurezas que se encuentren en la tubería	Monitoreo continuo para la verificación del buen estado de la tubería	Operador	Corto plazo

Revisión de la capacidad de los dos tanques de almacenamiento	Se ha detectado que la bomba sumergible esta encendida muchas veces al día debido a la poca capacidad que tienen los tanques de almacenamiento	Cambiar los dos tanques de almacenamiento de 1000 litros por uno de 5000 litros de capacidad	Factura de los gastos realizados en la compra del tanque de almacenamiento	Miembros de la directiva	Mediano plazo
Implementación de métodos de potabilización del agua	Durante el diagnóstico se ha identificado que no existe ningún tipo de tratamiento en el sistema de abastecimiento	Establecer un sistema de pretratamiento, coagulación, decantación y filtración para eliminar sedimentos de impurezas, luego añadir tabletas de cloro para la eliminación de bacterias	Análisis del agua para comprobar la eficiencia de calidad del agua	Técnico de operaciones de tratamientos de agua potable	Largo plazo
Monitoreo de fugas en las tuberías principales y secundarias de la red de distribución	No se han realizado evaluaciones o monitoreos en la red de distribución desde su instalación	Implementar un geófono electroacústico (equipo de escucha) para detectar la existencia de fugas en la red de distribución	Factura de la compra realizada del equipo de escucha	Miembros de la directiva	Mediano plazo

Auditoría de los cultivos más cercanos a las tuberías de distribución	Plantaciones de banano y cacao alrededor de las tuberías de distribución principales y secundarias	Aplicar charlas de concientización con los agricultores dueños de los cultivos para controlar cantidades de plaguicidas y eliminar plantaciones más cercanas para evitar perforaciones en las tuberías por las raíces	Auditoría en las plantaciones de cultivos de cacao cercanas a las tuberías	Ingeniero Agrónomo	Mediano plazo
Evaluación de conocimientos de usuarios sobre las enfermedades digestivas por consumo de agua	Desinformación de los usuarios acerca de temas de enfermedades causadas por el consumo de agua	Capacitar a los usuarios sobre las consecuencias del consumo de agua contaminada	Listado de asistencia a la capacitación	Técnico en Agua y Saneamiento Ambiental	Corto plazo

ELABORADO POR: AUTORA.

4.3.9.5. Verificación de monitoreo del Plan de Mejora.

Para la implementación de las acciones correctivas es necesario conocer los costos que se consideran para la aplicación del Plan de Mejora como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21

Monitoreo de acciones correctivas en el sistema de abastecimiento

Etapa ¿Dónde?	Peligros identificados	¿Qué?	¿Cuándo?	¿Quién?	Inversión (USD)
Captación	Cantidades pequeñas de gravilla en el tubo matriz conectado a la bomba sumergible del pozo	Aumentar cantidades de gravilla diariamente en caso de ser necesario	Cada semana	Operador	19,00
	Casa cerca del pozo de la Junta sin sistema de tratamiento de aguas grises y sépticos	Implementar pozo séptico de polietileno que es menos susceptibles a fugas o infiltraciones	En línea	Técnico en instalación, mantenimiento y tratamiento de pozos sépticos	700,00
	Presencia de cultivos de cacao en torno al pozo subterránea de la captación del agua	Fortalecer la capa de protección del pozo de captación con hormigón y gravilla, capacitar a los agricultores sobre la implementación de buenos hábitos en el manejo de agroquímicos	En línea	Miembros de la directiva - Ingeniero Agrónomo	200,00

Almacenamiento	Falta de mantenimiento y limpieza en los tanques de almacenamiento mensualmente	Establecer un cronograma de limpiezas de una vez al mes en los dos tanques de almacenamiento		Operador	10,00
	Escaso mantenimiento en la tubería que asciende el agua desde el pozo hasta los tanques de almacenamiento	Limpiar con mangueras de agua a presión y uso de bicarbonato de sodio para eliminar impurezas que se encuentren en la tubería	Cada mes	Operador	50,00
	Poca capacidad de almacenamiento de los dos tanques	Cambiar los dos tanques de almacenamiento de 1000 litros por uno de 5000 litros de capacidad	En línea	Miembros de la directiva	1150,00
Tratamiento	No se realiza ningún tipo de tratamiento para la desinfección del agua previo a su distribución	Establecer un sistema de pretratamiento, coagulación, decantación y filtración para eliminar sedimentos de impurezas, luego añadir tabletas de cloro para la eliminación de bacterias	En línea	Técnico de operaciones de tratamientos de agua potable	13000,00

Distribución	Ausencia de mantenimiento de las red principal y secundaria de distribución	Implementar un geófono electroacústico (equipo de escucha) para detectar la existencia de fugas en la red de distribución	En línea	Miembros de la directiva	858,31
	Presencia de cultivos de cacao y banano en torno a las tuberías de la red de distribución	Aplicar charlas de concientización con los agricultores dueños de los cultivos para controlar cantidades de plaguicidas y eliminar plantaciones más cercanas para evitar perforaciones en las tuberías por las raíces	Cada año	Ingeniero Agrónomo	20,00
Consumo	Desconocimiento de las enfermedades que se pueden adquirir por el consumo de agua contaminada	Capacitar a los usuarios sobre las consecuencias del consumo de agua contaminada	Cada 6 meses	Técnico en Agua y Saneamiento Ambiental	20,00

ELABORADO POR: AUTORA.

4.4. Discusión de resultados.

Para poder realizar aplicaciones de seguridad hídrica en sistemas de abastecimiento tomando aspectos sociales, económicos y ambientales, se requiere de un diagnóstico y análisis de las etapas del sistema de abastecimiento que identifiquen el estado de la calidad del agua en función de los factores que puedan afectar el servicio. Sin embargo, este estudio tuvo como limitaciones la falta de información de otras investigaciones previas en sistemas de abastecimiento, y la falta de datos disponibles en el cantón Buena Fe con respecto a los antecedentes en Juntas de Agua Potable.

El sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" muestra un pozo menor a 100 metros de profundidad; además, tuberías de la red de distribución que no reciben mantenimiento. Estos resultados son similares a los reportado por con Cervantes *et al.*, 2017 [56], quienes describieron que los pozos de la Ciénega de Chalapa Michoacán México registraron profundidades entre 73 hasta 180 metros, con tuberías de distribución principales de seis pulgadas y secundarias de cuatro pulgadas; no obstante, el sistema de distribución recibe mantenimiento y reparaciones de fugas en la red. Por otra parte Venkata *et al.*, 2015 [68], determinaron que la red de distribución Chowduru en Ghana consta de 53 tuberías con un diámetro interno de 2,5 pulgadas cada una con ausencia de mantenimiento en el sistema de distribución. Al respecto, Bazaanah y Dakurah (2021) [69] indican que la falta de monitoreo en la red de distribución provoca alteraciones de calidad del agua y enfermedades, además señalan que las tuberías principales y secundarias de los sistemas de abastecimiento tienen una vida útil en promedio durante tres años hasta presentar fugas, las mismas que pueden demorar hasta 12 meses en ser reparadas.

La mayoría de usuarios nunca han detectado presencia de olores, colores y sabores en el agua que reciben por parte de la Junta de Agua Potable, debido a la operación de la válvula de desfogues que elimina impurezas visibles en el agua; lo que difiere de Aleixo *et al.*, 2019 [70] los cuales manifiestan que solo un 62% de hogares beben el agua distribuida en un sistema de abastecimiento rural en Brasil debido a la pobre calidad organoléptica del agua por la presencia de concentraciones elevadas de cloro. De igual manera Morales *et al.*, 2020 [71], señalaron que los usuarios de las comunidades Costa de Lepá y Gualjaina en Argentina reportaron un color amarillento en el agua y olor a metal, por motivo de la no potabilización del agua en el sistema de abastecimiento. En relación, Espinosa *et al.*, 2015 [72] indicaron

que en México las personas prefieren evitar beber agua directamente del grifo a causa de la alteración de la calidad organoléptica del agua, debido que, se ve influenciada por la falta de controles en la calidad y desconocimiento de los procesos de desinfección.

La administración del agua se consideró favorable, más del 70% de los usuarios señalaron que es necesario realizar evaluaciones en el sistema de abastecimiento para mantener controles de la calidad del agua en las distintas etapas, además, la mayoría expresaron que están de acuerdo con la continuidad del servicio de agua. En relación con estos resultados Madrigal *et al.,* 2013 [73], expresaron que en organizaciones rurales de agua potable en Costa Rica el 82,90% de los usuarios están satisfechos con el horario de distribución del servicio de agua, sin embargo, el número de observaciones negativas con respecto a la calidad del agua solo fue del 18%, indicando que los usuarios no creen necesario realizar monitoreos. Además, Molinos *et al.,* 2019 [74], expresaron que un 19,66% de usuarios se encuentran satisfechos con la continuidad del servicio, siendo uno de los principales desafíos que afronta el entorno rural de Chile. En efecto, Aleixo *et al.,* 2019 [70] detectaron que el servicio de agua en comunidades rurales en algunas ocasiones tiene interrupciones por horas en el día, debido a fallas en el sistema de abastecimiento; sin embargo, esto no es notado por aquellas viviendas que almacenan agua en reservorios elevados.

Más de la mitad de los usuarios consideran que el tratamiento de cloración en el agua potable no es suficiente para evitar la presencia de contaminantes o enfermedades en la salud humana, debido que algunos usuarios manifiestan que no todas las bacterias o gérmenes son eliminados en su totalidad. Este resultado coincide con lo reportado por Lee *et al.,* 2020 [75], quienes concluyeron que la confiabilidad en el agua suministrada en comunidades rurales de Borbón-Esmeraldas disminuyó hasta el 79%, debido que los hogares no se encontraron satisfechos con la cantidad de cloro administrada (0,02 mg/l), incluso detectando la presencia de contaminantes microbiológicos. De igual manera, Morales *et al*., 2020 [71] manifestaron que en Chubut-Argentina el uso de tabletas de cloro no es usado como un tratamiento continuo en el agua, solo son utilizadas cuando existe la presencia de turbiedad o sabores desagradables. En relación con el desconocimiento de las técnicas de tratamiento, Kayser *et al.,* 2015 [76] indicaron que la falta de capacidad técnica en sistemas de tratamientos es un problema que limita a las Juntas Comunitarias de Agua Potable a brindar un mejor servicio a los usuarios en Ecuador.

Por otra parte, más del 70% de los usuarios declararon que no se puede adquirir enfermedades digestivas por contaminantes en el agua, esto es debido al desconocimiento de información y ausencia de enfermedades digestivas en las personas por consumo de agua. Este resultado concuerda con lo señalado por Moncada *et al.,* 2021 [50], quienes reportaron que en las zonas rurales de Villapinzon-Colombia el 88,71% de los hogares no creen haber presentado una sintomatología de dolores estomacales o diarrea por beber agua de sistemas de abastecimientos en su área de estudio. Sin embargo, Ortíz *et al.,* 2019 [77] indicaron que en el área rural de Las Vueltas - El Salvador un 16% de las familias si presentaron enfermedades por consumir agua del suministro de agua potable, existiendo una disminución en los niveles de calidad del agua. En efecto, Gruber *et al.,* 2014 [48] señalaron que la presencia de coliformes fecales en suministros de agua potable está relacionada con enfermedades diarreicas en las personas.

El índice de calidad del agua NSF demostró que la calidad del agua es regular para el consumo de los usuarios que se abastecen del sistema de abastecimiento. En relación, Osorio *et al.,* 2021 [78] determinaron que en la provincia de Santo Domingo de Ecuador varias fuentes de captación de agua para el consumo de moradores se encontraban con un criterio de calidad media y mala según el ICA NSF, debido principalmente a las altas concentraciones de hierro en las aguas subterráneas. Además, Méndez et al., 2020 [79] indicaron que en el cantón Morona de Ecuador varias personas consumen del agua de la microcuenca del río Copueno, la cual presentó criterios de calidad regular del agua para consumo humano con un valor de 57,56, causado por la presencia de descargas de agua residual en algunos sectores. De esta manera, Klamt *et al.,* 2021 [80] manifestaron que las actividades antrópicas son las principales causantes de las alteraciones de la calidad del agua, provocando daños en la salud de las personas que consumen directamente desde fuentes de agua sin ningún tratamiento previo.

En las etapas de captación, almacenamiento y consumo se encontró valores fuera de los rangos recomendables por la normativa en el parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), y además la presencia de coliformes fecales. Igualmente, Some *et al.,* 2021 [81] demostraron que en México se registró un valor promedio de 8 mg/l en un sistema de abastecimiento de agua potable, logrando superar los límites recomendados según la Unión Europea (3 – 6 mg/l), debido a la alta carga de orgánica que contaminó el agua. Además, Pérez et al., 2020 [53] indicaron que en Cali, Colombia se registró la presencia de coliformes

fecales en más del 4,7% de las muestras tomada, manifestando que se encontró presente una contaminación fecal causada por las actividades domésticas realizadas en el área del sistema comunitario de agua potable, disponibilidad de nutrientes y la temperatura del sistema de distribución.

Los parámetros de nitrato y fosfato se detectaron en valores por encima de lo normal en el sistema de abastecimiento, debido a la actividad agrícola en el entorno del sistema de abastecimiento. Por lo tanto, Gari *et al.,* 2018 [82] indicaron que en la provincia Valle del Cauca en Colombia las fuentes de agua subterráneas se vieron influenciadas por el uso de diferentes tipos de agroquímicos, fertilizantes, herbicidas persistentes, fosfatados y plaguicidas, contribuyendo con 3,01 toneladas de fosfato diarias. Además, García *et al.,* 2021 [20] manifestaron que en una comunidad rural de agua potable de la ciudad de Azogues-Ecuador los nitratos y fosfatos aumentaron debido a los cambios de usos de suelo y la expansión de terrenos agrícolas, estos tuvieron una filtración lenta por las precipitaciones, la erosión y la degradación de la calidad del agua. De este modo, Jones et *al.,* 2020 [83] concluyen que las aguas subterráneas se ven expuestas a la contaminación química agrícola principalmente en la captación, provocando daños en el sistema digestivo humano.

En la evaluación de peligros se determinó que la mayoría fueron de riesgo muy alto y alto en todas las etapas, como posibles daños en infraestructura del sistema de abastecimiento, enfermedades digestivas, contaminación cruzada por la presencia de agentes microbianos y contaminación por cultivos. En relación con estos resultados Gaviria *et al.,* 2020 [84], manifestaron que una infraestructura hídrica de agua potable en zonas rurales de Turrialba Cartago-Costa Rica presentó riesgos muy altos en almacenamiento por presencias de fugas en los tanques, basura y actividad agrícola alrededor de los tanques. De igual manera Pérez *et al.*,2020 [53], identificaron 103 eventos peligrosos en el sistema de abastecimiento de Cali-Colombia, principalmente en captación, distribución y enfermedades digestivas por consumo de agua relacionados con escorrentías agrícolas, presencia de ganadería en su entorno y asentamientos humanos, los cuales tuvieron una tendencia de 76 riesgos clasificados como muy altos. En consecuencia, Kudza *et al.,* 2016 [85] indicaron que los niveles altos de riesgos en sistemas de abastecimiento afectan directamente la salud de las personas por impactos en la calidad del agua de consumo.

En la propuesta de Plan de Seguridad del Agua, se plantearon medidas correctivas con base en los peligros identificados, con la finalidad de disminuir o mitigar los riesgos de infraestructura, conocimiento y operación del sistema de abastecimiento. Pérez *et al.,* 2020 [53] coinciden en la importancia de la implementación del PSA, los autores aplicaron medidas de mejora en sistemas comunitarios de agua potable en la ciudad de Cali–Colombia, logrando mejorar la gestión administrativa, organizacional, financiera y operativa mediante la de actividades, como refuerzos en las redes de distribución para la optimización de procesos operacionales. Además, Seguezzo *et al.*, 2013 [54], indicaron que en sistemas de abastecimiento de Salta-Argentina se presenta un 60% de situaciones peligrosas debido a la ineficiencia de procesos operativos que alteran la calidad del agua, con la aplicación de medidas de control lograron reducir hasta un 19,15% de riesgos. En relación, Rinehold *et al.,* 2011 [86] indicaron que países de América Latina y el Caribe aplican esta metodología como enfoque preventivo para disminuir los riesgos y garantizar acceso a fuentes de agua potable seguras.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- En el diagnóstico de la situación actual en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" se demostró que el agua no recibe ningún tipo de tratamiento previo a su distribución; sin embargo, la mayoría de usuarios manifestaron estar de acuerdo con la calidad organoléptica del agua y no creen necesario realizar algún tipo de tratamiento, debido a la creencia de que el agua captada de pozos profundos se encuentran en mejores condiciones que el agua superficial, esto indicó un problema grave en el desconocimiento que tienen las personas sobre los tratamientos del Agua Potable.

- Mediante los análisis fisicoquímicos y microbiológico se demostró que la calidad del agua del sistema de abastecimiento es regular, debido principalmente a la presencia de cultivos de cacao a pocos metros de la captación y a lo largo de las tuberías de distribución hacia los hogares; además, la presencia de coliformes fecales en todas las etapas indicó un grave problema de contaminación cruzada con las casas que se encuentran cerca de la Junta, ya que no se cuenta con un pozo séptico del material adecuado para evitar la presencia de fugas.

- En relación con los peligros identificados, se detectó que en todas las etapas del sistema de abastecimientos se encuentran presentes riesgos en niveles muy altos, altos, medios y bajos, demostrando que existen falencias en los controles de infraestructura, organizacionales y, desconocimiento por parte de la junta directiva del estado en que se encuentran los componentes que forman el sistema de abastecimiento. Además, esta evaluación de riesgos determinó puntos claves para el aporte de estrategias de sostenibilidad del agua en la comunidad rural con el entorno que rodea la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo".

- En la propuesta del Plan de Seguridad del Agua se estableció medidas de control y acciones correctivas que sirven para la mejora de la calidad del agua y el aumento de la satisfacción de las personas, considerando presupuestos que son alcanzables para la aplicación de cada una de las actividades a corto, mediano o largo plazo con el apoyo de un equipo técnico especializado. Esta propuesta tiene como finalidad el aporte para la optimización de los procesos operativos y el alcance de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para garantizar la salud de los usuarios.

5.2. Recomendaciones.

- Capacitar a los usuarios y miembros de la directiva de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" acerca de las consecuencias que puede tener la ausencia de tratamientos del agua en la salud humana y los distintos tipos de tratamientos que podrían aplicar; también, abarcar temas como la importancia de realizar mantenimientos y seguimientos a los componentes del sistema de abastecimiento para que no se vea alterada la calidad del agua distribuida.

- Realizar mantenimientos de limpieza al menos una vez al mes en los tanques de almacenamiento para evitar la presencia de partículas de arena en el agua; además, hacer revisiones o monitoreos en las redes de distribución primarias y secundarias para verificar si el estado de las tuberías se encuentra en buenas condiciones.

- Aplicar la el Plan de Seguridad del Agua para aumentar la eficiencia y control de los componentes que integran las etapas del sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo", de esta manera podrán emplear acciones correctivas para la mejora de la calidad del agua.

- Continuar realizando investigaciones en sistemas de abastecimiento de Juntas de Agua Potable, estudiando el fenómeno de seguridad hídrica para ampliar conocimientos de la calidad del agua que es distribuida a hogares.

- Incentivar el uso de agroquímicos o fertilizantes orgánicos que disminuyan los niveles de concentración de los parámetros de nitratos, nitritos y fosfatos.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía.

[1] J. S. Benítez, C. M. Rodríguez, and A. F. Casas, "Disinfection byproducts (DBPs) in drinking water supply systems: A systematic review," *Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C*, vol. 123, p. 102987, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.pce.2021.102987.

[2] A. Fischer *et al.*, "Risky responsibilities for rural drinking water institutions: The case of unregulated self-supply in Bangladesh," *Glob. Environ. Chang.*, vol. 65, p. 102152, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102152.

[3] WHO and UNICEF, "Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017 Special focus on inequalities," 2019. [Online]. Available: https://apps.who.int/iris/handle/10665/329370.

[4] A. M. Organización Mundial de la Salud, "Informe sobre los resultados de la OMS: presupuesto por programas 2016-2017," Organización Mundial de la Salud, 2018. [Online]. Available: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/276530/A71_28-sp.pdf.

[5] C. E. Morgan, J. M. Bowling, J. Bartram, and G. L. Kayser, "Attributes of drinking water, sanitation, and hygiene associated with microbiological water quality of stored drinking water in rural schools in Mozambique and Uganda," *Int. J. Hyg. Environ. Health*, vol. 236, p. 113804, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2021.113804.

[6] P. Debaere and A. Kapral, "The potential of the private sector in combating water scarcity: The economics," *Water Secur.*, vol. 13, p. 100090, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.wasec.2021.100090.

[7] J. K. Ondieki, D. N. Akunga, P. N. Warutere, and O. Kenyanya, "Bacteriological and physico-chemical quality of household drinking water in Kisii Town, Kisii County, Kenya," *Heliyon*, vol. 7, no. 5, p. e06937, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06937.

[8] M. Walcher and H. Bormann, "On the Transferability of the Concept of Drinking Water Protection Zones from EU to Latin American Countries," *Water Resour. Manag.*, vol. 29, no. 6, pp. 1803–1822, 2015, doi: 10.1007/s11269-014-0912-8.

[9] M. O. Bezerra *et al.*, "Operationalizing Integrated Water Resource Management in

Latin America: Insights from Application of the Freshwater Health Index," *Environ. Manage.*, 2021, doi: 10.1007/s00267-021-01446-1.

[10] OPS, "Agua y saneamiento: evidencias para políticas públicas com enfoque em derechos humanos y resultados en salud pública," Washington Organizacion Panamericana de La Salud, 2011. [Online]. Available: https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2012/AyS-PUB-WEB-20111104.pdf.

[11] A. Agencia de Regularización y control del Agua, "Benchmarking de Prestadores Públicos de los servicos de agua potable y saneamiento en el Ecuador," 2019. [Online]. Available: http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/07/Boletin-Estadistico-APS_jul21_fnl.pdf.

[12] L. Maurice *et al.*, "Drinking water quality in areas impacted by oil activities in Ecuador: Associated health risks and social perception of human exposure," *Sci. Total Environ.*, vol. 690, pp. 1203–1217, 2019, doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.089.

[13] J. C. T. Vásquez, G. N. F. Álvarez, I. G. P. Méndez, and L. A. M. León, "Determinantes de salud y su influencia en los casos de dengue en el centro de salud tipo C, Buena Fe año 2018-2019," *Recimundo*, vol. 3, no. 4, pp. 93–113, 2019, doi: https://doi.org/10.26820/recimundo/3.(4).diciembre.2019.93-113.

[14] B. Bolaane, N. Tema, and B. Phuthologo, "Barriers and coping strategies of households with no access to drinking water and waterborne sanitation in two low-income neighbourhoods in Botswana," *Habitat Int.*, vol. 115, p. 102372, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2021.102372.

[15] M. M. Hasan and K. Alam, "Inequality in access to improved drinking water sources and childhood diarrhoea in low- and middle-income countries," *Int. J. Hyg. Environ. Health*, vol. 226, p. 113493, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113493.

[16] H. Merrison, A. Mangtani, and T. Quick, "The shifting demographics of birth-related brachial plexus injury: The impact of socio-economic status and ethnic groups," *J. Plast. Reconstr. Aesthetic Surg.*, vol. 74, no. 3, pp. 560–568, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.bjps.2020.08.091.

[17] M. S. Babel, A. Shrestha, K. Anusart, and V. Shinde, "Evaluating the potential for conserving water and energy in the water supply system of Bangkok," *Sustain. Cities*

Soc., vol. 69, p. 102857, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102857.

[18] A. D'Aniello, L. Cimorelli, and D. Pianese, "Leaking pipes and the urban karst: a pipe scale numerical investigation on water leaks flow paths in the subsurface," *J. Hydrol.*, vol. 603, p. 126847, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126847.

[19] L. Hinojosa, W. G. Villegas, and P. A. Muñoz, "Exploring water security and water demand determinants in rural areas. The case of canton Cotacachi in Ecuador," *Water Resour. Rural Dev.*, vol. 10, pp. 22–32, 2017, doi: https://doi.org/10.1016/j.wrr.2018.09.001.

[20] F. García-Ávila, A. Avilés-Añazco, E. Sánchez-Cordero, L. Valdiviezo-Gonzáles, and M. D. T. Ordoñez, "The challenge of improving the efficiency of drinking water treatment systems in rural areas facing changes in the raw water quality," *South African J. Chem. Eng.*, vol. 37, pp. 141–149, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.sajce.2021.05.010.

[21] M. Carvalho de Melo *et al.*, "A raw water security risk model for urban supply based on failure mode analysis," *J. Hydrol.*, vol. 593, p. 125843, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125843.

[22] E. Krueger, P. S. C. Rao, and D. Borchardt, "Quantifying urban water supply security under global change," *Glob. Environ. Chang.*, vol. 56, pp. 66–74, 2019, doi: https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.03.009.

[23] C. A. Sierra Ramirez, *Calidad del agua: evaluacion y diagnostico*, Universida. Medellín: Ediciones de la U, 2011.

[24] A. Mankad and S. Tapsuwan, "Review of socio-economic drivers of community acceptance and adoption of decentralised water systems," *J. Environ. Manage.*, vol. 92, no. 3, pp. 380–391, 2011, doi: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.10.037.

[25] M. Sapkota *et al.*, "An Overview of Hybrid Water Supply Systems in the Context of Urban Water Management: Challenges and Opportunities," *Water*, vol. 7, no. 1, 2015, doi: 10.3390/w7010153.

[26] G. Quitana, M. Molinos-Senante, and A. Chamorro, "Resilience of critical infrastructure to natural hazards: A review focused on drinking water systems," *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, vol. 48, p. 101575, 2020, doi:

https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101575.

[27] J. O'Grady, D. Zhang, N. O'Connor, and F. Regan, "A comprehensive review of catchment water quality monitoring using a tiered framework of integrated sensing technologies," *Sci. Total Environ.*, vol. 765, p. 142766, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142766.

[28] M. R. Nogueira Vilanova and J. A. Perrella Balestieri, "Energy and hydraulic efficiency in conventional water supply systems," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 30, pp. 701–714, 2014, doi: https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.11.024.

[29] B. N. Jahan, L. Li, and K. R. Pagilla, "Fate and reduction of bromate formed in advanced water treatment ozonation systems: A critical review," *Chemosphere*, vol. 266, p. 128964, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128964.

[30] G. Liu, J. Q. J. C. Verberk, and J. C. Van Dijk, "Bacteriology of drinking water distribution systems: an integral and multidimensional review," *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 97, no. 21, pp. 9265–9276, 2013, doi: 10.1007/s00253-013-5217-y.

[31] C. A. Scott *et al.*, "Water Security and Adaptive Management in the Arid Americas," *Ann. Assoc. Am. Geogr.*, vol. 103, no. 2, pp. 280–289, Mar. 2013, doi: 10.1080/00045608.2013.754660.

[32] S. Gupta and S. K. Gupta, "A critical review on water quality index tool: Genesis, evolution and future directions," *Ecol. Inform.*, vol. 63, p. 101299, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101299.

[33] M. K. Jha, A. Shekhar, and M. A. Jenifer, "Assessing groundwater quality for drinking water supply using hybrid fuzzy-GIS-based water quality index," *Water Res.*, vol. 179, p. 115867, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115867.

[34] M. Custodio, "A Review of Water Quality Indices Used to Assess the Health Status of High Mountain Wetlands," *Open J. Ecol.*, vol. 9, no. 3, pp. 66–83, 2019, doi: 10.4236/oje.2019.93007.

[35] F. B. Lopes, A. dos Santos Teixeira, E. M. de Andrade, D. do Nascimento Aquino, and L. de F. P. Araújo, "Mapa da qualidade das águas do rio Acaraú, pelo emprego do IQA e Geoprocessamento," *Rev. Ciência Agronômica*, vol. 39, no. 3, pp. 392–402, 2008, [Online]. Available: https://www.redalyc.org/pdf/1953/195317435019.pdf.

[36] M. Rezaie-Balf *et al.*, "Physicochemical parameters data assimilation for efficient improvement of water quality index prediction: Comparative assessment of a noise suppression hybridization approach," *J. Clean. Prod.*, vol. 271, p. 122576, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122576.

[37] M. Mader, C. Schmidt, R. van Geldern, and J. A. C. Barth, "Dissolved oxygen in water and its stable isotope effects: A review," *Chem. Geol.*, vol. 473, pp. 10–21, 2017, doi: https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2017.10.003.

[38] S. Jouanneau *et al.*, "Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): A review," *Water Res.*, vol. 49, pp. 62–82, 2014, doi: https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.10.066.

[39] Y. Liu, X. Zhang, and J. Wang, "A critical review of various adsorbents for selective removal of nitrate from water: Structure, performance and mechanism," *Chemosphere*, p. 132728, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132728.

[40] R. Devesa and A. M. Dietrich, "Guidance for optimizing drinking water taste by adjusting mineralization as measured by total dissolved solids (TDS)," *Desalination*, vol. 439, pp. 147–154, 2018, doi: https://doi.org/10.1016/j.desal.2018.04.017.

[41] I. W. Almanassra, V. Kochkodan, G. Mckay, M. A. Atieh, and T. Al-Ansari, "Review of phosphate removal from water by carbonaceous sorbents," *J. Environ. Manage.*, vol. 287, p. 112245, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112245.

[42] M. Y. Chacon Chaquea, *Analisis fisico y quimico de la calidad del agua*, Primera ed. Bogotá, D. C., Colombia: Ediciones USTA, 2016.

[43] B. Merchel Piovesan Pereira and I. Tagkopoulos, "Benzalkonium chlorides: uses, regulatory status, and microbial resistance," *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 85, no. 13, pp. e00377-19, 2019, doi: https://doi.org/10.1128/AEM.00377-19.

[44] R. Rylander, "Magnesium in drinking water–a case for prevention?," *J. Water Health*, vol. 12, no. 1, pp. 34–40, 2014, doi: https://doi.org/10.2166/wh.2013.110.

[45] O. M. de la Salud, "Guías para la calidad del agua de consumo humano," Ginebra, 2011. [Online]. Available: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-

spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

[46] J. Thorslund and M. T. H. van Vliet, “A global dataset of surface water and groundwater salinity measurements from 1980–2019,” *Sci. Data*, vol. 7, no. 1, pp. 1–11, 2020, doi: https://doi.org/10.1038/s41597-020-0562-z.

[47] M. Kumar and A. Puri, “A review of permissible limits of drinking water,” *Indian J. Occup. Environ. Med.*, vol. 16, no. 1, p. 40, 2012, doi: 10.4103/0019-5278.99696.

[48] J. S. Gruber, A. Ercumen, and J. M. Colford Jr, “Coliform bacteria as indicators of diarrheal risk in household drinking water: systematic review and meta-analysis,” *PLoS One*, vol. 9, no. 9, p. e107429, 2014, doi: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107429.

[49] A. Urquiza and M. Billi, “Seguridad hídrica y energética en América Latina y el Caribe: definición y aproximación territorial para el análisis de brechas y riesgos de la población,” CEPAL, 2020. [Online]. Available: https://repositorio.cepal.org/handle/11362/46408.

[50] J. L. M. Barragán, L. D. I. Cuesta, and M. S. R. Susa, “Quantitative microbial risk assessment to estimate the public health risk from exposure to enterotoxigenic E. coli in drinking water in the rural area of Villapinzon, Colombia,” *Microb. Risk Anal.*, vol. 18, p. 100173, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.mran.2021.100173.

[51] M. Paris, O. Tujchneider, M. Pérez, and M. D’Elia, “Protección de pozos de abastecimiento. Indicadores de la calidad del agua subterránea,” *Tecnol. y ciencias del agua*, vol. 5, no. 4, pp. 5–22, 2014, [Online]. Available: http://www.revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/448.

[52] N. C. Zúñiga and E. C. Mora, “Evaluación de la calidad del servicio de abastecimiento de agua potable a partir de la percepción de personas usuarias: El caso en Cartago, Costa Rica,” *Rev. Ciencias Ambient.*, vol. 54, no. 1, pp. 95–122, 2020, doi: https://doi.org/10.15359/rca.54-1.6.

[53] A. Pérez-Vidal, J. C. Escobar-Rivera, and P. Torres-Lozada, “Development and implementation of a water-safety plan for drinking-water supply system of Cali, Colombia,” *Int. J. Hyg. Environ. Health*, vol. 224, p. 113422, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.113422.

[54] L. Seghezzo, M. L. Gatto D'Andrea, M. A. Iribarnegaray, V. I. Liberal, A. Fleitas, and J. L. Bonifacio, "Improved risk assessment and risk reduction strategies in the Water Safety Plan (WSP) of Salta, Argentina," *Water Sci. Technol. Water Supply*, vol. 13, no. 4, pp. 1080–1089, 2013, doi: https://doi.org/10.2166/ws.2013.087.

[55] G. A. D. B. Fe, "Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015 - 2019 cantón San Jacinto de Buena Fe," Buena Fe, 2019. [Online]. Available: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1260001890001_PDyOT Buena Fe_2015-2019_14-11-2014.pdf.

[56] A. Cervantes, M. Velázquez, and J. L. Pimentel, "Gobierno y administración local del agua potable en la Ciénega de Chapala, Michoacán, México," *Tecnol. y ciencias del agua*, vol. 08, no. 1, pp. 65–80, 2017, doi: https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-01-05.

[57] R. Madrigal, F. Alpízar, and A. Schlüter, "Determinants of Performance of Community-Based Drinking Water Organizations," *World Dev.*, vol. 39, no. 9, pp. 1663–1675, 2011, doi: https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.02.011.

[58] H. C. W. de Vet, L. B. Mokkink, D. G. Mosmuller, and C. B. Terwee, "Spearman–Brown prophecy formula and Cronbach's alpha: different faces of reliability and opportunities for new applications," *J. Clin. Epidemiol.*, vol. 85, pp. 45–49, 2017, doi: https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2017.01.013.

[59] S. M. Hasan, A. A. Akram, and M. Jeuland, "Awareness of coping costs and willingness to pay for urban drinking water service: Evidence from Lahore, Pakistan," *Util. Policy*, vol. 71, p. 101246, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.jup.2021.101246.

[60] P. T. Lozada, C. H. C. Vélez, and P. Patiño, "Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica," *Rev. Ing. Univ. Medellín*, vol. 8, no. 15, p. 3, 2009, [Online]. Available: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4845739.

[61] H. Effendi, Romanto, and Y. Wardiatno, "Water Quality Status of Ciambulawung River, Banten Province, Based on Pollution Index and NSF-WQI," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 24, pp. 228–237, 2015, doi: https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.03.030.

[62] O. M. de la Salud, *Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua:*

método pormenorizado de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Ginebra: International Water Association, 2009.

[63] A. Constituyente, *Constitución de la República del Ecuador*, vol. 1, no. 1. Montecristi, Ecuador, 2008.

[64] Ministerio del Ambiente, *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente*, 1st ed., vol. 1. 2003.

[65] Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo, *Plan Nacional para el Buen Vivir 2017 - 2021*, 1st ed., vol. 1. Quito, Ecuador, 2017.

[66] Asamblea Nacional, *Código Orgánico de Organización Territorial, COOTAD*, vol. 11. Quito, 2010.

[67] Asamblea Nacional, *Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua*, 1st ed., vol. 1. 2015.

[68] G. V. Ramana, C. V. S. S. Sudheer, and B. Rajasekhar, "Network Analysis of Water Distribution System in Rural Areas using EPANET," *Procedia Eng.*, vol. 119, pp. 496–505, 2015, doi: https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.875.

[69] P. Bazaanah and M. Dakurah, "Comparative analysis of the performance of rope-pumps and standardized handpumps water systems in rural communities of the northern and upper east regions of Ghana," *Groundw. Sustain. Dev.*, vol. 13, p. 100563, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.gsd.2021.100563.

[70] B. Aleixo, J. L. Pena, L. Heller, and S. Rezende, "Infrastructure is a necessary but insufficient condition to eliminate inequalities in access to water: Research of a rural community intervention in Northeast Brazil," *Sci. Total Environ.*, vol. 652, pp. 1445–1455, 2019, doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.202.

[71] D. Morales, S. Molares, L. Epele, A. Ladio, P. Manzo, and G. Alday, "An interdisciplinary approach to perception of water quality for human consumption in a Mapuche community of arid Patagonia, Argentina," *Sci. Total Environ.*, vol. 720, p. 137508, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137508.

[72] A. C. Espinosa-García, C. Díaz-Ávalos, F. J. González-Villarreal, R. Val-Segura, V. Malvaez-Orozco, and M. Mazari-Hiriart, "Drinking Water Quality in a Mexico City University Community: Perception and Preferences," *Ecohealth*, vol. 12, no. 1, pp.

88–97, 2015, doi: 10.1007/s10393-014-0978-z.

[73] R. Madrigal-Ballestero, F. Alpízar, and A. Schlüter, “Public perceptions of the performance of community-based drinking water organizations in Costa Rica,” *Water Resour. Rural Dev.*, vol. 1–2, pp. 43–56, 2013, doi: https://doi.org/10.1016/j.wrr.2013.10.001.

[74] M. Molinos-Senante, S. Muñoz, and A. Chamorro, “Assessing the quality of service for drinking water supplies in rural settings: A synthetic index approach,” *J. Environ. Manage.*, vol. 247, pp. 613–623, 2019, doi: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.112.

[75] G. O. Lee *et al.*, “Household coping strategies associated with unreliable water supplies and diarrhea in Ecuador, an upper-middle-income country,” *Water Res.*, vol. 170, p. 115269, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115269.

[76] G. L. Kayser, U. Amjad, F. Dalcanale, J. Bartram, and M. E. Bentley, “Drinking water quality governance: A comparative case study of Brazil, Ecuador, and Malawi,” *Environ. Sci. Policy*, vol. 48, pp. 186–195, 2015, doi: https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.12.019.

[77] A. S. Ortíz-Gómez, J. F. Nuñez-Espinoza, and W. G. Mejía-Castillo, “La percepción social de la calidad y gestión del agua potable en el municipio de Las Vueltas, Chalatenango, El Salvador,” *Tecnol. y ciencias del agua*, vol. 10, no. 3, pp. 124–155, 2019, doi: https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-03-06.

[78] M. A. Osorio-Ortega, J. García-González, R. A. Saquicela-Rojas, and M. L. Cadme, “Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador,” *Ing. del agua*, vol. 25, no. 2, pp. 115–126, 2021, doi: https://doi.org/10.4995/ia.2021.13921.

[79] P. V. M. Zambrano, J. P. A. Logroño, and X. R. C. Vinueza, “Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona,” *Dominio las Ciencias*, vol. 6, no. 3, pp. 734–746, 2020, doi: http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i2.1245.

[80] R. A. Klamt, A. B. da Costa, M. Â. Gaedke, and E. A. Lobo, “Drinking water quality indices: a systematic review,” *Rev. Ambient. Água*, vol. 16, 2021, doi: https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2630.

[81] S. Some, R. Mondal, D. Mitra, D. Jain, D. Verma, and S. Das, “Microbial pollution of water with special reference to coliform bacteria and their nexus with environment,” *Energy Nexus*, vol. 1, p. 100008, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.nexus.2021.100008.

[82] S. R. Gari, C. E. Ortiz Guerrero, B. A-Uribe, J. D. Icely, and A. Newton, “A DPSIR-analysis of water uses and related water quality issues in the Colombian Alto and Medio Dagua Community Council,” *Water Sci.*, vol. 32, no. 2, pp. 318–337, 2018, doi: https://doi.org/10.1016/j.wsj.2018.06.001.

[83] C. S. Jones, T. Li, A. Sukalski, D. A. Thompson, and D. M. Cwiertny, “Use of real-time sensors for compliance monitoring of nitrate in finished drinking water,” *Water Sci. Technol.*, vol. 82, no. 12, pp. 2725–2736, Aug. 2020, doi: 10.2166/wst.2020.365.

[84] L. Gaviria-Montoya, M. Pino-Gómez, and S. M. Soto-Córdoba, “Risk associated with the water infrastructure in rural water suppliers in Turrialba Cartago, Costa Rica,” *Sustain. Water Resour. Manag.*, vol. 6, no. 4, p. 56, 2020, doi: 10.1007/s40899-020-00410-x.

[85] C. Kuzdas, B. P. Warner, A. Wiek, R. Vignola, M. Yglesias, and D. L. Childers, “Sustainability assessment of water governance alternatives: the case of Guanacaste Costa Rica,” *Sustain. Sci.*, vol. 11, no. 2, pp. 231–247, 2016, doi: 10.1007/s11625-015-0324-6.

[86] A. Rinehold, L. Corrales, E. Medlin, and R. J. Gelting, “Water Safety Plan demonstration projects in Latin America and the Caribbean: lessons from the field,” *Water Sci. Technol. Water Supply*, vol. 11, no. 3, pp. 297–308, 2011, doi: https://doi.org/10.2166/ws.2011.050.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Lista de verificación (Checklist) de cumplimientos y no cumplimientos en las etapas del sistema de abastecimiento en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"

Actividad	Verificación			Observación Directa
	C	NC	N/A	
Etapa de sistema de captación				
La bomba sumergible se mantiene en buenas condiciones				
Se realizan monitoreos o evaluaciones de la calidad del agua captada desde el pozo profundo				
Existe una cobertura que proteja el agua del pozo profundo para evitar filtraciones de residuos de arena				
El pozo es lo suficientemente profundo para abastecer la cantidad de usuarios en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"				
Etapa de sistema de almacenamiento				
Se realizan limpiezas o mantenimiento periódicamente en el tanque de almacenamiento				
Se realiza mantenimiento en las tuberías que ascienden el agua hasta el tanque de almacenamiento				
El material del tanque de almacenamiento es resistente para reservar el agua administrada en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo" previamente a ser distribuida.				
Inexistencia de perforaciones o fugas en el tanque de almacenamiento				
Etapa de sistema de tratamiento				
Se realiza la clorificación en al agua como método de desinfección y prevención de enfermedades previamente a distribuirla a los usuarios				

La desinfección del agua para consumo humano es la recomendada por la OMS, con estándares de concentración residual de cloro de ≥ 0.5 mg/l, y como cantidad mínima 0.2 mg/l.				
Se realiza el método de filtración como tratamiento para eliminar o disminuir cantidades de arena suspendida				
Etapa de sistema de distribución				
Existen válvulas de desfogue en cada sección de la red de distribución				
El relieve del terreno facilita la distribución del agua				
Etapa de sistema de consumo				
Los usuarios cuentan con medidores propios en cada uno de sus hogares				
Los usuarios consumen el agua sin hervirla previamente				
Organización de la directiva				
Existe una buena organización, desempeño y motivación en la directiva de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de mayo”				
Se realizan asambleas entre la directiva de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo” y sus usuarios				
Se toma en cuenta los comentarios u observaciones que realizan los usuarios para mejorar la calidad del servicio				
Los usuarios cumplen con los pagos mensualmente por el servicio de Agua Potable				

ELABORADO POR: AUTORA

Anexo 2. Preguntas para entrevista al operador de la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Ambiental
Tema:

"Seguridad Hídrica en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo", cantón Buena Fe, provincia Los Ríos".

Nombre de la Junta	
Nombre del operador	
Cargo	
Fecha	

PREGUNTAS

1. ¿Cuál es el estado actual de los componentes (Bomba sumergible, tanque de almacenamiento, red de distribución) en las etapas del sistema de abastecimiento?
2. ¿Cuál es la frecuencia en la que se realizan los mantenimientos en la Junta de Agua Potable?
3. ¿Cuál es la capacidad máxima del tanque de almacenamiento en el sistema de abastecimiento?
4. ¿Qué cantidad de agua en metros cúbicos se distribuye a los hogares por mes?
5. ¿Se realiza algún tipo de tratamiento en el agua?
6. ¿Cuántos usuarios activos tiene la junta de Agua Potable actualmente? y ¿Cuál es la cantidad de usuarios máximos que podría abastecer?
7. ¿Cuáles son los materiales y características de las tuberías, tanque y bomba sumergible del sistema de abastecimiento?
8. ¿Alguna vez ha existido ausencia del suministro de agua en la Junta de Agua Potable? ¿Qué tiempo duró?
9. ¿Conoce usted acerca de la disponibilidad de agua de captación en invierno y en verano?

10. ¿A qué tipo de fuente de agua se encuentra conectada la Junta de Agua Potable?
11. ¿Conoce usted el tiempo que tarda en secarse y llenarse el pozo?
12. ¿Durante que horarios del día se distribuye el agua a los usuarios?
13. ¿El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica ha realizado algún tipo de monitoreo en la Junta de Agua Potable? En caso de responder sí, ¿Hace cuánto tiempo fue? Y ¿Cada cuánto tiempo lo realizan?
14. ¿El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal ha realizado algún tipo de monitoreo en la Junta de Agua Potable? En caso de responder sí, ¿Hace cuánto tiempo fue? Y ¿Cada cuánto tiempo lo realizan?
15. ¿Cuál es la cantidad monetaria que pagan los usuarios por el servicio? Y ¿Cuánto es el valor que pagan en caso de exceder la cantidad de agua distribuida por mes?
16. ¿Cuál es el lapso de tiempo que demora en llegar el agua desde el tanque de almacenamiento hasta los hogares?
17. ¿Hace cuántos años comenzó a distribuir el servicio la Junta de Agua Potable?
18. ¿La Junta de Agua Potable cuenta con fondos económicos que ayuden a resolver cualquier riesgo o peligro que se presente en el sistema de abastecimiento?
19. ¿Los usuarios se encuentran satisfechos con el servicio de agua potable? En caso de responder no, ¿Cuáles han sido los problemas que han manifestado los usuarios?
20. ¿Ha recibido algún tipo de capacitación para cumplir y mejorar sus funciones como operador de la Junta de Agua Potable?
21. ¿Existe la implementación de medidas preventivas para evitar daños y contaminación en el sistema de abastecimiento?
22. ¿Cuál es la profundidad del pozo? Y ¿Cuántos pozos son?
23. ¿El Municipio ayudó a la construcción de la Junta de Agua Potable?
24. ¿Cuántas tuberías principales y secundarias tiene la red de distribución de la Junta de Agua Potable? Y ¿Cuál es el diámetro de cada una de ellas?
25. ¿Hace cuántos años fue la última vez que se realizó un mantenimiento en las tuberías y en el tanque de almacenamiento?
26. ¿Alguna vez ha existido alguna fuga de agua en las tuberías o tanque de almacenamiento?
27. ¿Cuáles son las funciones de cada miembro directivo de la Junta de Agua Potable?

28. ¿Cada cuánto tiempo realizan reuniones con los usuarios?

ELABORADO POR: AUTORA

Anexo 3. Preguntas de la encuesta aplicada a los usuarios

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Ambiental
Tema:

"Seguridad Hídrica en la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo", cantón Buena Fe, provincia Los Ríos".

Número de personas en el hogar:	
Nivel de estudio:	
Género:	
Edad:	
Fecha:	

CUESTIONARIO DE PREGUNTAS

1. ¿Está satisfecho(a) con la cantidad de agua que le distribuye la Junta de Agua Potable "Colonia 24 de Mayo"?

No satisfecho (1)/No	Poco satisfecho (2)	Moderadamente satisfecho (3)	Muy satisfecho (4)	Extremadamente satisfecho (5) /Si

2. ¿Cuándo se realizan mantenimientos en el sistema de abastecimiento se le comunica con tiempo de anticipación?

Nunca (1)/No	Casi nunca (2)	A veces (3)	Casi siempre (4)	Siempre (5)/Si

3. ¿Considera usted que el agua que consume tiene olores extraños?

Nunca (5)/No	Casi nunca (4)	A veces (3)	Casi siempre (2)	Siempre (1)/Si
4. ¿Considera usted que el agua que consume tiene colores extraños?				
Nunca (5)/No	Casi nunca (4)	A veces (3)	Casi siempre (2)	Siempre (1)/Si
5. ¿Considera usted que el agua que consume tiene sabores extraños?				
Nunca (5)/No	Casi nunca (4)	A veces (3)	Casi siempre (2)	Siempre (1)/Si
6. ¿Cree usted que el agua de la Junta de Agua Potable es apta para el consumo?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)/Si
7. ¿La clorificación es necesaria para el tratamiento del agua potable?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)/Si
8. ¿Estaría de acuerdo con que se realicen otros tipos de tratamiento del agua?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)/Si
9. ¿Cree usted que el agua captada de los pozos tiene buena calidad?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)/Si
10. ¿Considera usted que la presión del agua es la adecuada?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)/Si

11. ¿Considera usted que se pueden adquirir enfermedades digestivas por la presencia de contaminantes en el agua potable?				
Totalmente en desacuerdo (5)/No	En desacuerdo (4)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (2)	Totalmente de acuerdo (1)/Si
12. ¿Cree usted que la implementación de mejores métodos de tratamiento puede evitar enfermedades digestivas por la presencia de contaminantes en el agua potable?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)/Si
13. ¿Considera que la cloración en el tratamiento de agua potable puede evitar la presencia de enfermedades digestivas?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)/Si
14. ¿Cree usted necesario realizar un estudio en el sistema de abastecimiento de la Junta de Agua Potable para determinar la calidad del agua de consumo humano?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)/Si
15. ¿Cree usted que puede adquirir enfermedades digestivas por el consumo del agua que suministra la Junta de Agua Potable?				
Totalmente en desacuerdo (5)/No	En desacuerdo (4)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (2)	Totalmente de acuerdo (1)/Si
16. ¿Considera necesario realizar seguimientos o evaluaciones en las etapas del sistema de abastecimiento de la Junta de Agua potable para evitar la presencia de enfermedades por contaminación del agua?				

Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)/Si
17. ¿Estaría dispuesto a asistir a una capacitación sobre las consecuencias en la salud humana por el consumo de agua contaminada?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)/Si
18. ¿Está de acuerdo con los horarios de distribución del servicio de agua en la Junta de Agua Potable?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)/Si
19. ¿Considera adecuado el valor que paga por el servicio de agua potable?				
Inadecuado (1)/No	Ligeramente adecuado (2)	Moderadamente adecuado (3)	Sustancialmente adecuado (4)	Completamente adecuado (5)/Si
20. ¿La continuidad del servicio de agua siempre es permanente?				
Nunca (1)/No	Casi nunca (2)	A veces (3)	Casi siempre (4)	Siempre (5)/Si
21. ¿Se realizan reuniones entre los usuarios y los administradores para debatir temas importantes de la Junta de Agua Potable?				
Nunca (1)/No	Casi nunca (2)	A veces (3)	Casi siempre (4)	Siempre (5)/Si
22. ¿Considera que es equitativa la distribución del servicio de agua potable?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)/Si

ELABORADO POR: AUTORA

Anexo 4. Matriz de costo de recursos y materiales implementados en el Plan de Seguridad del Agua

Etapa	Recursos y materiales	Fotografía	Costo	Fuente
Captación	10 kg de gravilla		19,00 (Unidad)	Mercado libre
	Pozo séptico de polietileno		472,00	Mercado libre
	Saco de cemento de 50 kg		7,81 (Unidad)	Mercado libre
	Capacitaciones a los agricultores	-	50,00	Ing. Guillermo Rosero (Técnico Ambiental)
Almacenamiento	Cronograma de limpiezas (Manguera a presión)		151,00	Mercado libre
	Bicarbonato de sodio		12,00	Mercado libre
	Tanque de almacenamiento de 5000 litros		540,00	Mercado libre

Tratamiento	Planta potabilizadora de agua dulce		13000,00	Carbotecnia
Distribución	Geófono electroacústico para la detección de fugas en tuberías		858,31	IWIA Tuberías & Equipamiento Hidráulico
	Charlas de concientización con los agricultores	-	50,00	Ing. Guillermo Rosero (Técnico Ambiental)
Consumo	Capacitaciones a los usuarios	-	50,00	Ing. Guillermo Rosero (Técnico Ambiental)

ELABORADO POR: AUTORA

Anexo 5. Tabulación de parámetros fisicoquímicos en las etapas del sistema de abastecimiento

Fecha	Etapa	pH	Temperatura (°C)	Nitrato (mg/l)	Nitrito (mg/l)	Cloruro (mg/l)	Fosfato (mg/l)	Conductividad (uS)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Salinidad (ppt)	Sólidos Disueltos Totales (ppm)	Dureza (mg/l)	Turbidez (NTU)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)
21/1/2022	Captación	6,3	25,1	10	0,1	14	2	177	3,9	0,09	88,6	6,9	2,06	2,3
28/1/2022	Captación	6,27	25,5	10	0,1	19	1	176,5	2,4	0,09	88,2	5,9	1,78	2,93
4/2/2022	Captación	6,29	25,5	20	0,1	9	3	77,6	3,39	0,09	88,8	0,7	2,36	3,67
12/2/2022	Captación	6,25	25,5	10	0,1	4	1	171,1	3,63	0,09	85,5	1,7	1,44	2,86
19/2/2022	Captación	6,37	25,7	10	0,1	4	3	178,2	3,88	0,09	89,3	1,5	3,43	3,36
26/2/2022	Captación	6,33	25,4	10	0,1	6	1	174,1	2,8	0,09	87,3	1,6	2,38	3,02
5/3/2022	Captación	6,07	25,8	20	0,1	5	2	174,6	4,2	0,09	88,1	3,5	3,11	3,87
12/3/2022	Captación	6,14	26,3	10	0,1	5	2	176,2	2,3	0,1	88,1	1,7	2,51	2,41
21/1/2022	Almacenamiento	6,29	25	10	0,1	27	1	182,2	3,9	0,1	91,2	8,1	2,47	2,28
28/1/2022	Almacenamiento	6,28	25	20	0,1	28	1	175,5	2,6	0,09	87,7	7,1	1,86	3,01
4/2/2022	Almacenamiento	6,22	25,2	20	0,1	10	3	76,4	1,2	0,09	88,2	1,1	2,57	3,96
12/2/2022	Almacenamiento	6,21	25,2	10	0,1	6	1	172,1	3,1	0,09	85,8	2,5	1,35	3,03
19/2/2022	Almacenamiento	6,25	25,3	10	0,1	9	4	178,1	3,13	0,1	89	2,2	3,07	3,06
26/2/2022	Almacenamiento	6,17	25,5	10	0,1	5	1	174,3	3,1	0,09	87,3	1,8	2,64	2,84
5/3/2022	Almacenamiento	6,18	25,5	10	0,1	10	1	179,3	4,4	0,1	89,7	2	3,78	3,66
12/3/2022	Almacenamiento	6,13	26	10	0,1	4	1	176,4	2,62	0,09	88,2	2,4	2,53	2,97
21/1/2022	Distribución	6,56	25,3	20	0,1	18	3	178,1	4,2	0,09	89,1	4,9	2,1	2,22
28/1/2022	Distribución	6,51	25,4	10	0,1	7	1	179,7	3	0,09	90	6,7	2,02	3,36
4/2/2022	Distribución	6,62	25,3	10	0,1	8	2	76,5	1,6	0,09	88,1	2	2,23	3,74
12/2/2022	Distribución	6,42	25,8	10	0,1	6	1	174,6	3,47	0,09	87,8	2,8	1,2	3,23
19/2/2022	Distribución	6,59	25,7	10	0,1	4	1	179	3,44	0,09	89,5	3,1	2,42	3,27
26/2/2022	Distribución	6,28	25,9	10	0,1	6	2	175,8	3	0,09	88,2	2	3,16	2,97
5/3/2022	Distribución	6,42	25,9	10	0,1	8	2	178,2	4,1	0,1	89,1	1,3	2,47	3,54
12/3/2022	Distribución	6,2	27,2	10	0,1	7	1	175,9	2,4	0,1	87,9	2,2	2,38	2,55

ELABORADO POR: AUTORA

Anexo 6. Aplicación del Índice de Calidad del Agua NSF

CAPTACIÓN

2

21/1/2022

Parámetro	Valor	Unidad	Subi	wi	wi muestra	wi corr	ICAm
Oxígeno Disu	46,65	% Sat.	40	0,17	0,17	0,190	2,02
DBO	2,3	mg/l	79	0,11	0,11	0,130	1,76
pH	6,3		64	0,11	0,11	0,130	1,72
Cambio de T	0,1	°C	93	0,10	0,10	0,120	1,72
Nitratos	10	mg/l	52	0,10	0,10	0,120	1,61
Fosfatos	2	mg/l	27	0,10	0,10	0,120	1,49
Turbidez	2,06	NTU	94	0,08	0,08	0,100	1,58
SDT	88,6	mg/l	86	0,07	0,07	0,090	1,49
Coliformes Fecales		UFC/100 ml		0,16			
			ICA	1,00	0,84	1,00	59
diferencia de	0,16						
Peso propor	0,02						

28/1/2022

Parámetro	Valor	Unidad	Subi	wi	wi muestra	wi corr	ICAm
Oxígeno Disu	29,23	% Sat.	21	0,17	0,17	0,190	1,78
DBO	2,93	mg/l	74	0,11	0,11	0,130	1,75
pH	6,27		64	0,11	0,11	0,130	1,72
Cambio de T	1	°C	90	0,10	0,10	0,120	1,72
Nitratos	10		52	0,10	0,10	0,120	1,61
Fosfatos	1		40	0,10	0,10	0,120	1,56
Turbidez	1,78	NTU	94	0,08	0,08	0,100	1,58
SDT	88,2	mg/l	87	0,07	0,07	0,090	1,49
Coliformes Fecales		UFC/100 ml		0,16			
			ICA				54

4/2/2022

Parámetro	Valor	Unidad	Subi	wi	wi muestra	wi corr	ICAm
Oxígeno Disu	41,29	% Sat.	32	0,17	0,17	0,190	1,93
DBO	3,67	mg/l	64	0,11	0,11	0,130	1,72
pH	6,29		64	0,11	0,11	0,130	1,72
Cambio de T	1	°C	90	0,10	0,10	0,120	1,72
Nitratos	20		38	0,10	0,10	0,120	1,55
Fosfatos	3		22	0,10	0,10	0,120	1,45
Turbidez	2,36	NTU	94	0,08	0,08	0,100	1,58
SDT	88,8	mg/l	86	0,07	0,07	0,090	1,49
Coliformes Fecales		UFC/100 ml		0,16			
				ICA			52

12/2/2022

Parámetro	Valor	Unidad	Subi	wi	wi muestra	wi corr	ICAm
Oxígeno Disu	44,21	% Sat.	37	0,17	0,17	0,190	1,99
DBO	2,86	mg/l	74	0,11	0,11	0,130	1,75
pH	6,25		64	0,11	0,11	0,130	1,72
Cambio de T	1	°C	90	0,10	0,10	0,120	1,72
Nitratos	10		52	0,10	0,10	0,120	1,61
Fosfatos	1		40	0,10	0,10	0,120	1,56
Turbidez	1,44	NTU	96	0,08	0,08	0,100	1,58
SDT	85,5	mg/l	85	0,07	0,07	0,090	1,49
Coliformes Fecales		UFC/100 ml		0,16			
				ICA			60

ALMACENAMIENTO

21/1/2022

Parámetro	Valor	Unidad	Subi	wi	wi muestra	wi corr	ICAm
Oxígeno Disu	46,65	% Sat.	40	0,17	0,17	0,190	2,02
DBO	2,28	mg/l	79	0,11	0,11	0,130	1,76
pH	6,29		64	0,11	0,11	0,130	1,72
Cambio de T	0	°C	93	0,10	0,10	0,120	1,72
Nitratos	10		52	0,10	0,10	0,120	1,61
Fosfatos	1		40	0,10	0,10	0,120	1,56
Turbidez	2,47	NTU	94	0,08	0,08	0,100	1,58
SDT	91,2	mg/l	85	0,07	0,07	0,090	1,49
Coliformes Fecales		UFC/100 ml		0,16			
				ICA			62

28/1/2022

Parámetro	Valor	Unidad	Subi	wi	wi muestra	wi corr	ICAm
Oxígeno Disu	77,38	% Sat.	84	0,17	0,17	0,190	2,32
DBO	3,01	mg/l	74	0,11	0,11	0,130	1,75
pH	6,28		64	0,11	0,11	0,130	1,72
Cambio de T	0	°C	93	0,10	0,10	0,120	1,72
Nitratos	20		38	0,10	0,10	0,120	1,55
Fosfatos	1		40	0,10	0,10	0,120	1,56
Turbidez	1,86	NTU	94	0,08	0,08	0,100	1,58
SDT	87,7	mg/l	87	0,07	0,07	0,090	1,49
Coliformes Fecales		UFC/100 ml		0,16			
				ICA			68

4/2/2022

Parámetro	Valor	Unidad	Subi	wi	wi muestra	wi corr	ICAm
Oxígeno Disu	14,35	% Sat.	9	0,17	0,17	0,190	1,52
DBO	3,96	mg/l	64	0,11	0,11	0,130	1,72
pH	6,22		61	0,11	0,11	0,130	1,71
Cambio de T	0,2	°C	93	0,10	0,10	0,120	1,72
Nitratos	20		38	0,10	0,10	0,120	1,55
Fosfatos	3		22	0,10	0,10	0,120	1,45
Turbidez	2,57	NTU	92	0,08	0,08	0,100	1,57
SDT	88,2	mg/l	87	0,07	0,07	0,090	1,49
Coliformes Fecales		UFC/100 ml		0,16			
				ICA			40

12/2/2022

Parámetro	Valor	Unidad	Subi	wi	wi muestra	wi corr	ICAm
Oxígeno Disu	37,08	% Sat.	27	0,17	0,17	0,190	1,87
DBO	3,03	mg/l	74	0,11	0,11	0,130	1,75
pH	6,21		61	0,11	0,11	0,130	1,71
Cambio de T	0,2	°C	93	0,10	0,10	0,120	1,72
Nitratos	10		52	0,10	0,10	0,120	1,61
Fosfatos	1		40	0,10	0,10	0,120	1,56
Turbidez	1,35	NTU	96	0,08	0,08	0,100	1,58
SDT	85,8	mg/l	85	0,07	0,07	0,090	1,49
Coliformes Fecales		UFC/100 ml		0,16			
				ICA			57

CONSUMO

21/1/2022

Parámetro	Valor	Unidad	Subi	wi	wi muestra	wi corr	ICAm
Oxígeno Disu	50,24	% Sat.	46	0,17	0,17	0,190	2,07
DBO	2,22	mg/l	79	0,11	0,11	0,130	1,76
pH	6,56		73	0,11	0,11	0,130	1,75
Cambio de T	0,3	°C	93	0,10	0,10	0,120	1,72
Nitratos	20		38	0,10	0,10	0,120	1,55
Fosfatos	3		22	0,10	0,10	0,120	1,45
Turbidez	2,1	NTU	94	0,08	0,08	0,100	1,58
SDT	89,1	mg/l	86	0,07	0,07	0,090	1,49
Coliformes Fecales		UFC/100 ml		0,16			
				ICA			58

28/1/2022

Parámetro	Valor	Unidad	Subi	wi	wi muestra	wi corr	ICAm
Oxígeno Disu	35,89	% Sat.	26	0,17	0,17	0,190	1,86
DBO	3,36	mg/l	74	0,11	0,11	0,130	1,75
pH	6,51		70	0,11	0,11	0,130	1,74
Cambio de T	0,4	°C	93	0,10	0,10	0,120	1,72
Nitratos	10		52	0,10	0,10	0,120	1,61
Fosfatos	1		40	0,10	0,10	0,120	1,56
Turbidez	2,02	NTU	94	0,08	0,08	0,100	1,58
SDT	90	mg/l	85	0,07	0,07	0,090	1,49
Coliformes Fecales		UFC/100 ml		0,16			
				ICA			57

4/2/2022

Parámetro	Valor	Unidad	Subi	wi	wi muestra	wi corr	ICAm
Oxígeno Disu	19,14	% Sat.	12	0,17	0,17	0,190	1,60
DBO	3,74	mg/l	64	0,11	0,11	0,130	1,72
pH	6,62		73	0,11	0,11	0,130	1,75
Cambio de T	0,3	°C	93	0,10	0,10	0,120	1,72
Nitratos	10		52	0,10	0,10	0,120	1,61
Fosfatos	2		27	0,10	0,10	0,120	1,49
Turbidez	2,23	NTU	94	0,08	0,08	0,100	1,58
SDT	88,1	mg/l	87	0,07	0,07	0,090	1,49
Coliformes Fecales		UFC/100 ml		0,16			
				ICA			47

12/2/2022

Parámetro	Valor	Unidad	Subi	wi	wi muestra	wi corr	ICAm
Oxígeno Disu	42,27	% Sat.	33	0,17	0,17	0,190	1,94
DBO	3,23	mg/l	74	0,11	0,11	0,130	1,75
pH	6,42		67	0,11	0,11	0,130	1,73
Cambio de T	1	°C	90	0,10	0,10	0,120	1,72
Nitratos	10		52	0,10	0,10	0,120	1,61
Fosfatos	1		40	0,10	0,10	0,120	1,56
Turbidez	1,2	NTU	96	0,08	0,08	0,100	1,58
SDT	87,8	mg/l	87	0,07	0,07	0,090	1,49
Coliformes Fecales		UFC/100 ml		0,16			
				ICA			59

ELABORADO POR: AUTORA

Anexo 7. Diagnóstico de la Junta de Agua Potable “Colonia 24 de Mayo”

Anexo 8. Aplicación de encuestas a usuarios

Anexo 9. Entrevista al presidente u operador

Anexo 10. Toma de muestras de agua en las etapas del sistema de abastecimiento

Anexo 11. Análisis de parámetros

Anexo 12. Presencia de Coliformes