

UCUENCA

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Química

“Evaluación de las condiciones operacionales de la planta de tratamiento
Quillosa-Malapamba a través del análisis de la calidad del agua”

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de
Ingeniero Químico

Autor:

Iván Santiago Durán León

CI: 0105372270

Correo electrónico: santiagoduranleon20@gmail.com

Directora:

Ing. Alexandra Elizabeth Guanuchi Quito. Mgt

CI: 0104604665

Cuenca, Ecuador

15 de julio de 2022

Resumen:

En el presente trabajo de titulación se evalúa la calidad del agua potable de la planta de tratamiento Quillosa Malapamba, de la cual se benefician los habitantes de las comunidades de Quillosa, Malapamba, Patapata y San Nicolás pertenecientes al cantón Santa Isabel Provincia del Azuay. Se ejecutó el análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las muestras de agua procedentes de puntos como la captación del agua cruda al interior de la planta, la salida del sistema de filtración lento de arena, la salida del tanque de almacenamiento y hogares con distancias diferentes a la planta potabilizadora que se abastecen del líquido vital. Los resultados de los análisis realizados se compararon principalmente con las Normativas vigentes en las cuales se identifican los límites máximos permisibles establecidos en la INEN 1108 2020 y del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) Libro VI, Anexo 1. Además, se aplicó la estadística descriptiva utilizada en el cálculo de la media, desviación estándar e intervalo de confianza, con el programa estadístico SPSS, en el que también se realizó el análisis ANOVA en los parámetros evaluados con respecto a cada etapa de potabilización y el suministro en varios hogares para determinar su variación estadísticamente significativa. Dentro de los parámetros evaluados del agua, los resultados de los análisis físicos cumplen con las Normativas de referencia fundamentadas en estándares internacionales, con respecto a los resultados del análisis químico se encuentran variaciones significativas en el cloro residual, dureza cálcica y dureza magnésica. En cuanto al análisis microbiológico presenta variaciones fuera de la Normativa en las muestras de agua analizadas. De esta manera al finalizar esta investigación se concluye que existe parámetros que sobrepasan los niveles establecidos en las Normativas aplicadas por lo que se establece las respectivas recomendaciones técnicas a fin de mejorar el tratamiento del agua en esta planta potabilizadora y obtener agua de calidad que sea apta para el consumo humano.

Palabras claves: Calidad del agua. INEN. Potabilización. Quillosa. Tratamiento.

Abstract:

In this titling work, the quality of drinking water from the Quillosisa Malapamba treatment plant is evaluated, from which the inhabitants of the communities of Quillosisa, Malapamba, Patapata and San Nicolás belonging to Santa Isabel Province of Azuay benefit. The analysis of the physical, chemical and microbiological parameters of the water samples from points such as the collection of raw water inside the plant, the exit of the slow sand filtration system, the exit of the storage tank and homes was carried out with different distances from the water treatment plant that are supplied with the vital liquid. The results of the analyses performed were compared mainly with the regulations in force, which identify the maximum permissible limits established in INEN 1108 2020 and the Unified Text of Secondary Environmental Legislation (TULSMA) Book VI, Annex 1. In addition, descriptive statistics used in the calculation of the mean, standard deviation and confidence interval were applied, with the SPSS statistical program, in which ANOVA analysis was also performed on the parameters evaluated with respect to each drinking water treatment stage and supply in several homes to determine their statistically significant variation. Among the water parameters evaluated, the results of the physical analysis comply with the reference norms based on international standards, and with respect to the results of the chemical analysis, significant variations were found in residual chlorine, calcium hardness and magnesium hardness. The microbiological analysis showed variations outside the norms in the water samples analyzed. Thus, at the end of this investigation, it is concluded that there are parameters that exceed the levels established in the applied standards, and therefore the respective technical recommendations are established in order to improve the water treatment in this water treatment plant and obtain quality water that is suitable for human consumption.

Keywords: Water. Quality. INEN. Potabilization. Quillosisa. Treatment.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1.....	14
1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	14
1.1 Antecedentes	14
1.2 Identificación del problema y justificación	15
1.3 Objetivos.....	16
1.3.1 Objetivos General.....	16
1.3.2 Objetivos Específicos.....	16
CAPÍTULO II.....	17
2 MARCO TEÓRICO	17
2.1 El agua	17
2.2 Calidad del agua	17
2.3 Agua potable	17
2.4 Fuentes de agua	17
2.5 Parámetros físicos del agua.....	18
2.5.1 Color	18
2.5.2 Conductividad.....	19
2.5.3 pH	19
2.5.4 Sólidos totales disueltos TDS.....	19
2.5.5 Temperatura.....	19
2.5.6 Turbiedad	19
2.6 Parámetros químicos.....	19
2.6.1 Alcalinidad	19
2.6.2 Cloro libre residual	20
2.6.3 Cloruros.....	21
2.6.4 Dureza total	21
2.6.5 Fósforo	22
2.6.6 Hierro.....	22
2.6.7 Manganeseo.....	22
2.6.8 Nitratos	22
2.6.9 Nitritos	22
2.6.10 Sulfatos.....	23
2.7 Parámetros microbiológicos.....	23
2.7.1 Coliformes totales.....	23
2.7.2 Escherichia Coli (E. coli):	23
2.8 Sistema de distribución del agua	24
2.9 Descripción del proceso de potabilización del agua en el sector rural	24

2.9.1	Captación	24
2.9.2	Torre de aireación	24
2.9.3	Filtración lenta de arena (FLA)	24
2.9.4	Cloración	25
2.9.5	Tanque de almacenamiento	25
2.9.6	Red de distribución	25
2.10	Cuerpos legales nacionales de relevancia	26
2.10.1	INEN 1108:2020	26
2.10.2	El Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente (TULSMA)	26
CAPÍTULO III		27
3 METODOLOGÍA		27
3.1	Descripción geográfica de la zona de estudio	27
3.2	Información general de la planta de agua potable Quillosa Malapamba	27
3.3	Proceso de potabilización del agua en la planta Quillosa Malapamba	28
3.4	Parte experimental	31
3.5	Identificación de los puntos de muestreo	31
3.6	Identificación y codificación de los puntos de muestreo	32
3.7	Codificación de los procesos de potabilización	32
3.8	Técnicas de muestreo utilizadas	33
3.9	Determinación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.	34
3.10	Procedimientos de análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos	36
3.11	Procedimiento para determinar parámetros físicos	36
3.12	Procedimiento para determinar parámetros químicos	38
3.13	Procedimiento para determinar parámetros microbiológicos	41
3.14	Medición del Cloro residual en distancias diferentes.	41
3.15	Análisis estadístico	42
3.16	Manual de mantenimiento	42
3.16.1	Alcance del manual	42
3.16.2	Estructura del manual	42
3.16.3	Plan de mantenimiento preventivo	43
CAPÍTULO IV		45
4 RESULTADOS Y DISCUSIONES		45
4.1	Análisis de resultados y discusión de los parámetros evaluados.	45
4.2	Discusión de resultados de parámetros físicos	49
4.2.1	Análisis del parámetro Color.	49
4.2.2	Análisis del parámetro Conductividad	50
4.2.3	Análisis del parámetro pH	51

4.2.4	Análisis del parámetro Sólidos suspendidos.....	52
4.2.5	Análisis del parámetro Temperatura	52
4.2.6	Análisis del parámetro Turbiedad	54
4.3	Discusión de resultados de parámetros químicos.	55
4.3.1	Análisis del parámetro Alcalinidad	55
4.3.2	Análisis del parámetro Cloro libre residual en el tanque de almacenamiento.	56
4.3.3	Análisis del parámetro Cloro libre residual en distancias diferentes.....	57
4.3.4	Análisis del parámetro Cloruros	60
4.3.5	Análisis del parámetro Dureza total	60
4.3.6	Análisis del parámetro Dureza cálcica	62
4.3.7	Análisis del parámetro Dureza magnésica.....	63
4.3.8	Análisis del parámetro Fósforo total.....	64
4.3.9	Análisis del parámetro Hierro	64
4.3.10	Análisis del parámetro Manganeseo	66
4.3.11	Análisis del parámetro Nitratos	67
4.3.12	Análisis del parámetro Nitritos.....	68
4.3.13	Análisis del parámetro Sulfatos.....	68
4.4	Discusión de resultados de parámetros microbiológicos	69
4.4.1	Análisis de Coliformes fecales.	69
4.5	Dosificación de cloración por goteo	71
4.5.1	Funcionamiento	71
4.5.2	Determinación de la dosis óptima de hipoclorito de calcio	71
4.5.3	Determinación de la concentración óptima de hipoclorito de calcio	72
4.5.4	Determinación del caudal óptimo del desinfectante en la cloración	72
4.6	Recomendaciones técnicas para mejorar el tratamiento del agua	74
CAPÍTULO V.....		79
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		79
5.1	Conclusiones.....	79
5.2	Recomendaciones.....	80
Bibliografía		81
Anexos		89

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	Clasificación de la dureza del agua según la OMS.	21
TABLA 2.	Clasificación de las cepas perjudiciales de E. coli.....	23
TABLA 3.	Códigos asignados al proceso de potabilización.....	32
TABLA 4.	Metodología utilizada en los parámetros físicos, químicos y microbiológico.	35
TABLA 5.	Lugar de análisis de cada parámetro evaluado.....	36

TABLA 6. Determinación de parámetros físicos	36
TABLA 7. Determinación de parámetros químicos	38
TABLA 8. Determinación de parámetros microbiológicos.....	41
TABLA 9. Herramientas, materiales y equipos de protección personal.....	43
TABLA 10. Cálculo de la media, desviación estándar, intervalo de confianza y su significación estadística.	46
TABLA 11. Valores promedio según el parámetro analizado	73
TABLA 12. Ficha técnica del equipo clorador L-60	76
TABLA 13. Ficha técnica del ablandador recomendado.....	77
TABLA 14. Índice del NMP cuando se utilizan 10 tubos de ensayo con 10 ml de muestra	115
TABLA 1. Actividades de operación en la captación.	130
TABLA 2. Actividades de mantenimiento en la captación.....	130
TABLA 3. Actividades de operación en la torre de aireación.....	132
TABLA 4. Actividades de mantenimiento en la torre de aireación.....	132
TABLA 5. Actividades de operación en los filtros lentos de arena.	133
TABLA 6. Actividades de mantenimiento en los filtros lentos de arena.....	134
TABLA 7. Actividades de operación en el sistema de desinfección	136
TABLA 8. Actividades de mantenimiento en el sistema de desinfección	136
TABLA 9. Actividades de operación en el tanque de almacenamiento.	137
TABLA 10. Actividades de mantenimiento en el tanque de almacenamiento.	137
TABLA 11. Actividades de operación en la red de distribución.	138
TABLA 12. Actividades de mantenimiento en la red de distribución.	139

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Ubicación de la planta de agua potable Quillosa Malapamba.....	27
Imagen 2. Diagrama de potabilización de agua en la planta Quillosa Malapamba.....	28
Imagen 3. Captación del agua.....	29
Imagen 4. Torre de aireación del agua.....	29
Imagen 5. Tanques de filtración lenta.	30
Imagen 6. Cuarto de cloración.	30
Imagen 7. Tanque de cloración realizada al goteo.	30
Imagen 8. Tanque de almacenamiento.	31
Imagen 9. Puntos de muestreos a analizar.....	32
Imagen 10. Estructura interna del equipo CLORID L-60.....	76
Imagen 11. Equipo CLORID L-60.....	77
Imagen 12. Componentes del ablandador de agua	78
Imagen 13. Ablandador de agua	78
Imagen 14. Determinación de color in situ.	103
Imagen 15. Determinación de la conductividad in situ.	104
Imagen 16. Determinación de pH in situ.	104
Imagen 17. Determinación de sólidos suspendidos en el laboratorio.	105
Imagen 18. Determinación de temperatura In Situ.....	106
Imagen 19. Determinación de turbiedad en In Situ.	106
Imagen 20. Determinación de la alcalinidad en el laboratorio.	107
Imagen 21. Determinación de cloro residual in situ.	108
Imagen 22. Determinación de cloruros en el laboratorio.....	108
Imagen 23. Determinación de dureza total en el laboratorio.....	109
Imagen 24. Determinación de dureza cálcica en el laboratorio.	110
Imagen 25. Determinación de hierro en el laboratorio.	111

Imagen 26. Determinación de nitratos en el laboratorio.....	112
Imagen 27. Determinación de nitritos en el laboratorio.....	113
Imagen 28. Determinación de sulfatos en el laboratorio.....	114
Imagen 29. Determinación de parámetros microbiológicos en el laboratorio.....	115
Imagen 30. Salida del tanque de almacenamiento (primer punto)	116
Imagen 31. Domicilio con una distancia cercana a la planta potabilizadora (segundo punto)	116
Imagen 32. Domicilio con una distancia intermedia a la planta potabilizadora (tercer punto)	116
Imagen 33. Domicilio con una distancia lejana a la planta potabilizadora (cuarto punto)	116
Imagen 1. Organigrama de la Junta de agua potable Quillosa Malapamba.....	126
Imagen 2. Herramientas, materiales y equipos de protección personal a utilizar.....	128
Imagen 3. Equipo de protección personal a utilizar.....	128

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resultados de los análisis del Color.....	49
Gráfico 2. Resultados de los análisis de la Conductividad.....	50
Gráfico 3. Resultados de los análisis del pH	51
Gráfico 4. Resultados de los análisis de Sólidos suspendidos.....	52
Gráfico 5. Resultados de los análisis de Temperatura.....	53
Gráfico 6. Resultados de los análisis de la Turbiedad.....	54
Gráfico 7. Resultados de los análisis de Alcalinidad.....	55
Gráfico 8. Resultados de los análisis de Cloro libre residual.....	56
Gráfico 9. Resultados de los análisis de Cloro libre residual en tanque de almacenamiento y diferentes domicilios en el primer lunes.....	57
Gráfico 10. Resultados de los análisis de Cloro libre residual en tanque de almacenamiento y diferentes domicilios en el segundo lunes.....	57
Gráfico 11. Resultados de los análisis de Cloro libre residual en tanque de almacenamiento y diferentes domicilios en el tercer lunes.....	58
Gráfico 12. Resultados totales de los análisis de Cloro libre residual en tanque de almacenamiento y diferentes domicilios.....	59
Gráfico 13. Resultados de los análisis de Cloruros.....	60
Gráfico 14. Resultados de los análisis de Dureza total.....	61
Gráfico 15. Resultados de los análisis de Dureza cálcica.....	62
Gráfico 16. Resultados de los análisis de Dureza magnésica.....	63
Gráfico 17. Resultados de los análisis de Fósforo total.....	64
Gráfico 18. Resultados de los análisis de Hierro.....	65
Gráfico 19. Resultados de los análisis de Manganeseo.....	66
Gráfico 20. Resultados de los análisis de Nitratos.....	67
Gráfico 21. Resultados de los análisis de Nitritos.....	68
Gráfico 22. Resultados de los análisis de Sulfatos.....	69
Gráfico 23. Resultados de los análisis de Coliformes fecales.....	70

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Determinación de la masa de hipoclorito de calcio para un día.....	71
Ecuación 2. Concentración de hipoclorito de calcio en cada litro de solvente.....	72
Ecuación 3. Determinación del caudal volumétrico del desinfectante.....	73
Ecuación 4. Determinación de Alcalinidad por titulación con EDTA.....	107
Ecuación 5. Determinación de Cloruros.....	108

Ecuación 6. Determinación de Dureza total por titulación con EDTA.	109
Ecuación 7. Determinación de Dureza cálcica por titulación con EDTA.	109
Ecuación 8. Determinación de la Dureza magnésica en el agua.	110

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultado del análisis fisicoquímico del agua (Semana #1)	89
Anexo 2. Resultado del análisis microbiológico del agua (Semana #1)	90
Anexo 3. Resultado del análisis fisicoquímico del agua (Semana #2)	91
Anexo 4. Resultado del análisis microbiológico del agua (Semana #2)	92
Anexo 5. Resultado del análisis fisicoquímico del agua (Semana #3)	93
Anexo 6. Resultado del análisis microbiológico del agua (Semana #3)	94
Anexo 7. Resultados del parámetro conductividad	95
Anexo 8. Resultados del parámetro temperatura	96
Anexo 9. Resultados del parámetro cloro residual con distancias diferentes.....	97
Anexo 10. Resultados del laboratorio de Ingeniería Sanitaria	98
Anexo 11. Procedimientos de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua.....	103
Anexos 12. Cotizaciones de equipos recomendados	117
Anexos 13. Manual de mantenimiento	122

Cláusulas

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Yo, Iván Santiago Durán León en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de las condiciones operaciones de la planta de tratamiento Quillosa Malapamaba a través del análisis de la calidad del agua", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 15 de julio de 2022



Iván Santiago Durán León

C.I: 0105372270

Cláusula de Propiedad Intelectual

Iván Santiago Durán León, autor del trabajo de titulación "Evaluación de las condiciones operacionales de la planta de tratamiento Quillosa Malapamaba a través del análisis de la calidad del agua" certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 15 de julio de 2022



Iván Santiago Durán León

C.I: 0105372270

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios por ser mi guía, por darme la salud, fortaleza y sabiduría en las situaciones difíciles para continuar en lo adverso y finalizar una etapa más en mi formación profesional.

De la misma manera dedico este trabajo de titulación a mi padres y hermanos, quienes con su apoyo incondicional me motivaron todos días a escalar un peldaño más en mi vida.

A mi toda mi familia en general y personas que aprecio con sinceridad, quienes gracias a su preocupación siempre estuvieron pendientes de todos los pasos que doy.

Agradecimientos

A Dios por ser mi guía y fortaleza para alcanzar mis propósitos y metas personales.

A la Universidad de Cuenca especialmente a la Facultad de Ciencias Químicas, por todos los conocimientos brindados en mi época universitaria.

A la Ing. Alexandra Guanuchi, por su dedicación, guía, tiempo y contribución en el asesoramiento de mi tesis.

A la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Isabel “EMAPASI” por brindarme todas las facilidades requeridas para realizar mi proyecto de grado.

A la Junta Administradora de Agua Potable Regional “Quillosa Malapamba” por la apertura, cooperación y predisposición brindada para la ejecución de mi trabajo de titulación.

A mis padres, hermanos y compañeros por todo el apoyo incondicional, gracias a todos por hacer de mi etapa universitaria momentos únicos y llenos de aprendizaje.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Antecedentes

El abastecimiento del agua se ha convertido en un eje fundamental para el desarrollo de la sociedad a través del tiempo mediante el cumplimiento de las Normativas Nacionales competentes del agua potable orientado al sector rural, el mismo que es considerado uno de los principales ejes sobre el cual están trabajando las autoridades actuales del cantón Santa Isabel en el sector ambiental, mediante el fortalecimiento de las juntas directivas de las comunidades y la creación de nuevas plantas potabilizadoras de agua, cuyo propósito es que los consumidores sean abastecidos del líquido vital de calidad apto para el ser humano, cumpliendo de esta manera con el sexto numeral de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) el cual indica el uso eficiente de recursos hídricos y su abastecimiento en todos los sectores con la finalidad de mejorar el nivel de vida de las familias que tienen acceso al agua potable, evitando la generación de enfermedades que afecten a la salud de los beneficiados.

El aumento de la calidad de vida se encuentra ligado con los servicios indispensables para la supervivencia, de esta manera el agua potable cumple un rol fundamental en disminuir las enfermedades siempre y cuando se garantice la adecuada potabilización de la misma. Por lo tanto, un estudio integral dirigido a la potabilización del agua es importante por el acceso a este líquido vital disminuyendo la propagación de alteraciones en la salud de las personas y brindando un mejor nivel de vida, con un abastecimiento de agua potable, seguro y competente, mediante los respectivos estudios técnicos. Disponer de líquido vital de calidad es importante para impedir que un inadecuado sistema de potabilización afecte en la vida de los seres humanos (Villena, 2018).

Entre los requisitos esenciales mediante los cuales se garantizan la seguridad del agua potable destinada al consumo humano se establece un monitoreo adecuado en todas las etapas del proceso de potabilización desde la evaluación del agua cruda en la captación, pasando por las diferentes etapas de tratamiento, salida de la planta potabilizadora y terminando con el recorrido del sistema de distribución en las respectivas casas mediante el control de sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos verificando la seguridad de la misma para su consumo, aportando mediante los resultados una adecuada vigilancia y control del agua (Baquero et al., 2016).

La nueva planta potabilizadora de la comunidad de Quillosisa perteneciente al cantón Santa Isabel capta el recurso hídrico de las vertientes denominadas: vertiente Baja, vertiente Nueva y vertiente Segunda ubicadas en la zona norte. Con la importancia de mantener datos históricos de calidad del agua para asegurar el consumo de la misma, se plantea este estudio con el propósito de estandarizar protocolos y procedimientos que permitan obtener este fin, verificando el cumplimiento de la Normativa Nacional vigente INEN 1108 2020 del agua potable y el TULSMA libro VI, anexo 1, mediante las respectivas pruebas de laboratorio con el objetivo de verificar los límites de los parámetros establecidos en esta norma y asegurar a los habitantes de este sector que están consumiendo el líquido vital de calidad apropiado para el ser humano, y que sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos estén según las Normativas pertinentes que regulan el líquido vital para satisfacer las necesidades actuales de la población mejorando sus condiciones de vida y salud e impulsando el desarrollo del sector mediante un adecuado suministro del agua potable.

1.2 Identificación del problema y justificación

Debido a la importancia del abastecimiento de agua potable en las comunidades de Quillosisa, Pata Pata, Malapamba y San Nicolás pertenecientes al cantón Santa Isabel, la Junta Administradora de Agua Potable Regional Quillosisa Malapamba con el apoyo del GAD Municipal de Santa Isabel, realizaron la construcción de una planta potabilizadora de agua en beneficio de estas comunidades, que consta de tecnologías como la aireación, filtración lenta y desinfección, abasteciendo del líquido vital a un total de 1500 personas.

La carencia de estudios técnicos sobre la calidad del agua que se está consumiendo en este sector proveniente de la planta potabilizadora Quillosisa Malapamba aumenta el riesgo de transmisión de enfermedades gastrointestinales exponiendo a un grave problema en la salud de los habitantes, ya que no existe un adecuado control y seguimiento con respecto a la calidad del recurso hídrico, el mismo que es ocasionado por factores como: un proceso de potabilización insuficiente del líquido vital, o por falta de control del nivel de los parámetros establecidos en Normativas Nacionales correspondientes.

Esta investigación pretende realizar la evaluación de las condiciones de operación de la planta de agua potable Quillosisa-Malapamba a través del análisis de la calidad del agua en función de los límites establecidos en la Normativa Nacional INEN 1108 2020 del agua potable y determinar qué acciones correctivas deberían aplicarse para garantizar el acceso seguro al servicio de agua potable en las comunidades mencionadas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos General.

- Evaluar las condiciones operativas de la planta de agua potable Quillosisa-Malapamba a través de análisis de la calidad de agua y crear un manual de funcionamiento de la misma.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Establecer el diagnóstico de la situación actual de la planta de agua potable mediante el análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las muestras de agua y comparar con los resultados dispuestos en la Normativa INEN 1108.
- Analizar alternativas técnicas viables para mitigar parámetros físicos, químicos o microbiológicos que se encuentran fuera del límite establecido en la Norma INEN 1108.
- Crear un manual de funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable Quillosisa-Malapamba y socializar con el personal técnico de la planta.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 El agua

El agua es un recurso básico para la vida y es considerado como un elemento fundamental de consumo indispensable en entornos urbanos y rurales. Los esfuerzos realizados por el hombre se orientan a convertirla en un líquido de calidad idóneo para los diversos usos del ser humano, a través de la aplicación de alternativas tecnológicas que van desde los filtros purificadores hasta los respectivos sistemas de abastecimiento en los hogares (Camargo & Camacho, 2019).

2.2 Calidad del agua

Es considerado uno de los principales temas de importancia sanitaria para una sostenibilidad del recurso hídrico, con la finalidad de abastecer a una población en condiciones de calidad necesarias, las mismas que comprenden parámetros químicos, físicos y microbiológicos del líquido vital. Se fundamenta en la medición de estándares relacionados con la seguridad del consumo del agua potable encontrados dentro de un rango aceptable para el ser humano y los mismos no son perjudiciales para las personas, animales o plantas (Rock & Rivera, 2014).

2.3 Agua potable

El agua potable se define como inocua, adecuada y apta para el ser humano con características esenciales obtenida de mediante un tratamiento de potabilización, la misma no posee ningún microorganismo responsable de causar enfermedades, los cuales son procedentes de diversas actividades antropogénicas, naturales y animales (Ríos et al., 2017).

2.4 Fuentes de agua

Una fuente de agua se refiere a su origen en un determinado punto de una comunidad o microcuenca del agua. Las reservas del recurso hídrico dependerán de las diversas condiciones climáticas e hidrográficas del sector. El agua tiene su origen en varias fuentes: embalses, manantiales, ríos, arroyos y aguas subterráneas que deberán ser suficiente para abastecer a una determinada población (EPA, 2021).

Como se mencionó en el párrafo anterior existen varias fuentes de agua, las cuales dependen del sector en donde se originan, ya que según la fuente se requieren diversos tratamientos de potabilización, de esta manera las fuentes se clasifican en:

- **Agua lluvia**

Es considerada como una fuente de agua importante ya que posee beneficios como el libre acceso a esta fuente, no tiene contacto con el suelo y su calidad varía según el entorno donde se encuentre. El agua pluvial se filtra en la tierra y origina las corrientes superficiales o también se infiltra como agua subterránea.

- **Agua superficial**

Este tipo de agua es aquella que circula sobre el suelo, originada de lagos, ríos o embalses, su calidad se ve afectada según las precipitaciones a causa de las variaciones climáticas, arrastrando lo que encuentra en el recorrido, ocasionando de esta manera una de sus principales fuentes de contaminación por la incorporación de desechos de origen humano o animal, descargas de desechos tóxicos, alcantarillas, herbicidas entre otros al caudal del agua.

- **Agua subterránea**

El agua subterránea es aquella localizada por debajo de la tierra, tiene su origen en la filtración de aguas lluvias y aguas superficiales, esta aparece en forma de manantiales sobre el suelo. Este tipo de aguas presentan menor contaminación en comparación con las fuentes anteriores, siendo la más apropiada para su respectivo consumo, ya que atraviesa por un mecanismo de filtración mediante las diversas capas de suelo que traspasa y en las que se elimina microorganismos patógenos, pero integra diversas sales del suelo a la composición del agua (Carreño et al., 2020).

2.5 Parámetros físicos del agua

2.5.1 Color

El color es originado por las moléculas orgánicas complejas de procedencia vegetal como hojas o las ramas, la presencia de este parámetro físico puede verse incrementada por materia en suspensión y son eliminadas posteriormente mediante filtración, en cuerpos de aguas naturales es causado por la existencia de iones de hierro o de manganeso, de esta manera, es denominado color aparente del agua ya que depende de la presencia de sustancias suspendidas como disueltas en la misma, si existe la presencia únicamente de sustancias disueltas se denomina color verdadero o real (Martínez & Osorio, 2018).

2.5.2 Conductividad

El parámetro denominado conductividad del agua es el responsable de transportar la corriente eléctrica, su valor se relaciona de manera directa con la presencia de iones tales como el Sodio, Calcio, Potasio, Cloruros y su respectiva cantidad en una disolución acuosa (Severiche et al., 2013).

2.5.3 pH

Es definido como la concentración de los iones hidrógenos, medidos a través de una escala logarítmica desde 0 hasta 14, el pH es una medida que clasifica la acidez o la alcalinidad de una solución acuosa, las soluciones que presentan un pH inferior a 7 son consideradas como ácidas y si las soluciones presentan un valor mayor a 7 son básicas o alcalinas (Vázquez & Rojas, 2016).

2.5.4 Sólidos totales disueltos TDS

Los sólidos totales disueltos TDS está relacionado con la presencia de metales y sales en el agua, es considerado un contaminante secundario, sin embargo, ocasiona cambios a nivel del olor, sabor, color y turbiedad del agua (Adam & Bauder, 2017).

2.5.5 Temperatura

La temperatura del agua es considerada como uno de los parámetros físicos más importantes, puesto que su variación influye en su composición química, afectando directamente mediciones de otros parámetros como el pH, conductividad y alcalinidad (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A, 2012).

2.5.6 Turbiedad

La turbiedad es el parámetro físico del agua encargado de medir el nivel de transmitancia de la luz, es decir su falta de transparencia como propiedad óptica y se caracteriza por ser una medida relacionada con la presencia de materia suspendida coloidal o residual, su valor se encuentra modificado según la técnica de medición y características de absorción del material suspendido que puede ser ocasionado por fenómenos naturales como el crecimiento microbiológico (Martínez et al., 2020).

2.6 Parámetros químicos.

2.6.1 Alcalinidad

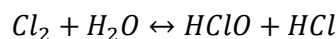
Se define como la capacidad de mantener el pH cuando se incorpora una solución ácida, su valor depende de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. El procedimiento se lo realiza

mediante la titulación con un ácido fuerte y el resultado se expresa como mg/L de CaCO_3 . Altas concentraciones tiene como consecuencia la formación de los precipitados de Calcio (Pérez, 2016).

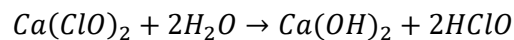
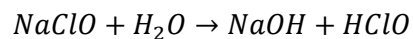
2.6.2 Cloro libre residual

El cloro es un desinfectante químico altamente soluble en agua limpia en cantidades suficientes, la cloración es eficiente si el cloro entra en contacto directo con los microorganismos a eliminar, este producto químico se consume según los microorganismos se destruyen, de tal manera que si se encuentran concentraciones de cloro, indica que los microorganismos ya fueron eliminados y el agua es apta para los consumidores (OMS, 2009).

Cuando el cloro se disuelve, este elemento se hidroliza rápidamente, originando el ácido hipocloroso (HClO) que se descomponen en sus iones de hidrógeno y el ácido clorhídrico (HCl) que es neutralizado por la alcalinidad del agua:



Desinfectantes como el hipoclorito de sodio o el hipoclorito cálcico produce una disociación según las siguientes ecuaciones:



Al utilizar estos desinfectantes como el cloro, hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio, al final se forma el ácido hipocloroso, el cual actúa como el verdadero desinfectante.

Según Francisco Ramírez Quiroz (2005), entre los principales factores que destacan en la desinfección y cloración son:

- Temperatura y naturaleza de la desinfección.
- Tiempo de contacto (10 a 15 minutos) entre el cloro y el agua.
- Concentración del desinfectante.
- Microorganismos a destruir.

Las múltiples sustancias como los compuestos nitrogenados, las sustancias orgánicas, el hierro y el manganeso que contiene el agua influye directamente en la desinfección, los sólidos en suspensión se encargan de proteger a los microorganismos y disminuir la

eficiencia de la cloración, de esta manera es indispensable añadir procesos como la filtración y una desinfección adecuada, para aumentar la eficiencia de la cloración (Quirós, 2005).

2.6.3 Cloruros

Los cloruros se generan en fuentes naturales y residuales de agua, se forman del gas cloro con un metal, obteniéndose diferentes sales de cloruros de sodio, de potasio y de calcio distribuidas ampliamente en las fuentes mencionadas y en concentraciones elevadas serán las responsables de causar la corrosividad en las tuberías por un aumento ocasionado en la conductividad (Colmenares & Mare, 2017).

2.6.4 Dureza total

La dureza del agua es ocasionada por altos niveles de magnesio y de calcio, responsables del agua dura, estos metales alcalinotérreos provienen de la disolución de las rocas y minerales, los mismos producen la formación de costras duras en grifos y sabores desagradables del agua. El tipo de dureza es directamente proporcional a la cantidad de las sales mencionadas, el agua dura es la responsable de no producir espuma con el jabón, formación de incrustaciones en tuberías o grifos y alteración de las características organolépticas como el sabor (Capote et al., 2015).

La dureza posee diversas clasificaciones, considerando concentraciones expresadas en mg/L de carbonato de calcio indicadas en la tabla 1:

TABLA 1. Clasificación de la dureza del agua según la OMS.

Concentración de CaCO_3	Tipo	Codificación
0-60	Blanda	Azul
61-120	Moderadamente dura	Verde
121-180	Dura	Amarillo
>180	Muy dura	Rojo

Fuente: (Organización Mundial de la Salud, 2009).

- **Dureza temporal**

La dureza temporal o dureza carbonatada es causada por carbonatos y bicarbonatos de magnesio y de calcio, esta puede ser eliminada mediante calentamiento, el dióxido de carbono se libera como gas y se produce precipitados insolubles (Rodríguez, 2009).

- **Dureza permanente**

La dureza permanente o no carbonatada, no puede ser eliminada mediante el calentamiento del agua, no está relacionado químicamente con carbonatos ni bicarbonatos, es causada por nitritos, cloruros, magnesio y calcio (Rodríguez, 2009).

2.6.5 Fósforo

En aguas naturales el fósforo se presenta como fosfatos, tienen su origen en diversas fuentes naturales como las rocas fosfóricas y fuentes antropogénicas originadas en fuentes de aguas servidas, industriales, domésticas y la utilización de fertilizantes, a elevadas concentraciones de fósforo alteran su balance e interfieren en el excesivo crecimiento de microorganismos y cambian las características organolépticas del agua (Severiche et al., 2013).

2.6.6 Hierro

El hierro se presenta con mayor frecuencia en aguas subterráneas, cuando alcanza la superficie se expone al oxígeno presentando partículas o manchas de un color rojizo en su tonalidad, su presencia no ocasiona riesgos en la salud, sin embargo, influye en el aspecto estético del agua modificando el color y el sabor de la misma (García & Melgar, 2011).

2.6.7 Manganeso

El manganeso es un metal abundante en la corteza terrestre, presenta un estado reducido de manganeso (II) en el agua y después de tener contacto con el aire se convierte en óxidos hidratados menos solubles, su presencia en concentraciones superiores a 0,15 mg/L causa un sabor desagradable. El límite de concentración es seleccionado según las propiedades organolépticas (Barrenechea, 2005).

2.6.8 Nitratos

Los nitratos son compuestos químicos formados del óxido de nitrógeno, las fuentes en donde se encuentran nitratos son ríos, aguas de subsuelo, arroyos, lagos y en cantidades superiores a 50 mg/L en el agua es considerada altamente tóxica con consecuencias de malformaciones genéticas, su presencia excesiva influye en el crecimiento de algas y formación de contaminantes tóxicos (Camacho & Harvey, 2020).

2.6.9 Nitritos

Los nitritos son compuestos iónicos naturales formados de un estado de oxidación intermedio entre el amoníaco y el nitrato, encontrados en forma soluble en agua, a elevadas concentraciones son responsables de una contaminación microbiana (Baque et al., 2016).

2.6.10 Sulfatos

Los sulfatos se encuentran distribuidos ampliamente en aguas naturales, la formación de este parámetro es un producto de la contaminación con aguas residuales, en aguas duras, los sulfatos producen problemas de incrustaciones afectando directamente al uso de equipos industriales, concentraciones mayores a 300 mg/L causa efectos laxantes en los consumidores y altera características organolépticas del agua especialmente en el sabor (Severiche & González, 2012).

2.7 Parámetros microbiológicos

2.7.1 Coliformes totales

Son bacterias presentes en diferentes lugares como el suelo, aire y agua, es un indicativo de contaminación fecal, considerado uno de los problemas más preocupantes en las ciudades en desarrollo, estos son ocasionados debido a factores ecológicos por el contacto con aguas residuales o el arrastre de materia fecal de corrales de animales, comprendiendo posiblemente virus, bacterias y protozoos (Apella & Araujo, 2006).

2.7.2 Escherichia Coli (E. coli):

Este parámetro microbiológico es un indicativo de que existe contaminación bacteriana del agua, integran el grupo gram negativo y son clasificadas como bacterias coliformes fecales. Se originan mediante el contacto con las heces de animales o de los seres humanos, también al entrar al contacto con aguas contaminadas, acarrear enfermedades gastrointestinales y efectos diversos en la salud de los consumidores. La tabla 2 indica las cepas o tipos específicos de E. coli responsables de causar enfermedades en los seres humanos (Rock & Rivera, 2014).

TABLA 2. Clasificación de las cepas perjudiciales de E. coli.

Cepas de E. coli	Modo de transmisión	Enfermedad
Enterotoxigenic (ETEC)	Ingesta de agua o alimentos	Cepas de ETEC causa indigestión, más común en bebés.
Enteropatógeno (EPEC)	Ingesta de agua o alimentos/Contacto humano	EPEC es la responsable de causar diarrea acuosa, es común en países subdesarrollados.
Enterohemorrágico (EHEC)	Consumo de alimentos/Contacto humano	EHEC ocasiona diarreas con sangre, daños irreversibles a nivel renal.
Enteroinvasivo (EIEC)	Ingesta de agua o alimentos	Responsables de causar fiebre y diarrea.

Fuente: (Rock & Rivera, 2014).

2.8 Sistema de distribución del agua

La red de distribución es la encargada de transportar o de conducir el agua desde la planta de tratamiento hasta la última conexión del servicio, en la que el usuario hace uso de la forma más conveniente. El sistema de distribución consta de la respectiva infraestructura conformada por las tuberías, válvulas y demás componentes, presenta las variaciones respectivas según su diseño, que van desde los sistemas complejos de tubería hasta los diseños más simples, en cualquier caso, estas estructuras son las encargadas de dirigir el agua a los diferentes puntos en donde se abastece la población (Gur & Spuhler, 2020).

2.9 Descripción del proceso de potabilización del agua en el sector rural

2.9.1 Captación

La captación del agua proveniente de ríos, lagos y embalses, se realiza mediante una estructura de concreto a nivel del terreno, en su interior se encuentra el tubo de llegada proveniente desde la fuente correspondiente, el diseño de la obra de captación depende de la fuente y la cantidad o caudal de agua que requiera la comunidad (USAID, 2016).

2.9.2 Torre de aireación

La aireación es un proceso que permite introducir oxígeno al interior del agua, para mejorar propiedades organolépticas como el sabor o la remoción de olores y permitir la oxidación del hierro y del manganeso. Las torres de aireación mediante los aireadores de bandejas permiten obtener la aireación de manera natural, su diseño va a depender del caudal inicial que ingresa a la planta potabilizadora, se utiliza como medios filtrantes rellenos de plástico o el carbón coque, logrando que la aireación sea mediante la caída del agua por gravedad, en su diseño consta de bandejas, las cuales están dispuestas una a continuación de la otra, para una remoción de contaminantes deseada (Calderón & Forero, 2013).

2.9.3 Filtración lenta de arena (FLA)

La filtración lenta de arena posibilita la segregación de partículas o diferentes microorganismos como los virus y bacterias a pasar por un medio poroso. Es una parte de la potabilización muy importante para la remoción de contaminantes y cumplir con los estándares de potabilización.

Al utilizar la filtración lenta de arena se produce:

- Conducción de partículas a través del medio filtrante.
- Adherencia superficial a los granos del medio filtrante.

La distribución de las partículas que quedan retenidas dentro del filtro varían de tamaño y de proporción, se encuentran desde flóculos de 1mm hasta los virus y bacterias menores a 0.01 mm de tamaño. Cuando los flóculos están dispuestos en mayor tamaño que el medio poroso quedarán retenidos en el cernido, los virus y bacterias de menor tamaño que el medio filtrante serán removidos en etapas posteriores (Chulluncuy, 2011).

2.9.4 Cloración

La cloración elimina bacterias mediante la desinfección respectiva. El cloro actúa como un oxidante ayudando a eliminar sustancias químicas y descomponer diferentes restos de plaguicidas del agua, interviene como un bactericida y remanente, combatiendo de esta manera la propagación de enfermedades a través del agua contaminada (Zúñiga & Samperio, 2019).

Existen 3 maneras diferentes de la aplicación del cloro en el agua para la desinfección:

- Cloro gas: su aplicación se realiza mediante presión en el agua, buscando la solubilidad de este componente, utilizado en poblaciones medianas a grandes.
- Cloro sólido: esta forma de cloración se presenta en forma sólida o de tabletas (hipoclorito de calcio), la aplicación en el agua se realiza mediante difusores o hipocloradores, su funcionamiento es mediante flujos constantes en las tuberías conectadas y se ubican a nivel del agua a potabilizar.
- Cloro líquido: su aplicación se realiza en cámaras de cloración o dispositivos por gravedad usados en su mayoría en poblaciones con caudales pequeños y utilizan las bombas dosificadoras para su aplicación.

La cloración en la planta de Quillosa Malapamba es realizada mediante el uso de hipoclorito de calcio al 65%, añadido manualmente por el operador y dosificado de manera directa mediante goteo.

2.9.5 Tanque de almacenamiento

El almacenamiento del agua tratada consiste en un depósito armado, donde el agua se acumula y posterior se distribuye a la comunidad con las condiciones adecuadas respecto a su conservación, limpieza y desinfección, permitiendo su consumo diario (USAID, 2016).

2.9.6 Red de distribución

Una red de distribución comprende el conjunto de tuberías incluidas las válvulas de control, llaves y otros componentes, los mismos son encargados de conducir el agua potable desde

el depósito de almacenamiento hasta las viviendas de los usuarios (Paulsen & Werner, 2017).

2.10 Cuerpos legales nacionales de relevancia

2.10.1 INEN 1108:2020

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 sexta revisión 2020-04 constituye los requerimientos necesarios aplicados al agua potable, con su tratamiento y conducción por medio de sistemas de distribución. En esta Normativa se detalla el cumplimiento de los niveles máximos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos (INEN 1108, 2020).

2.10.2 El Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente (TULSMA)

Se disponen las políticas básicas ambientales cuyos objetivos van encaminados hacia la conservación, protección y control del agua; de la misma manera en esta Normativa ecuatoriana se expresa su aplicación obligatoria y a nivel de todo el territorio del Ecuador para alcanzar el desarrollo sostenible basadas en un equilibrio económico, social y ambiental (TULSMA, 2015).

El libro VI anexo 1 establece los principios de calidad del recurso hídrico, mismos que buscan evitar y controlar la contaminación del agua, en las primeras tablas de este documento se indican el cumplimiento de los parámetros respectivos dirigidos al agua potable, para el presente estudio los niveles de los parámetros físicos y químicos estudiados corresponden a la tabla número dos perteneciente al mismo documento (TULSMA, 2015).

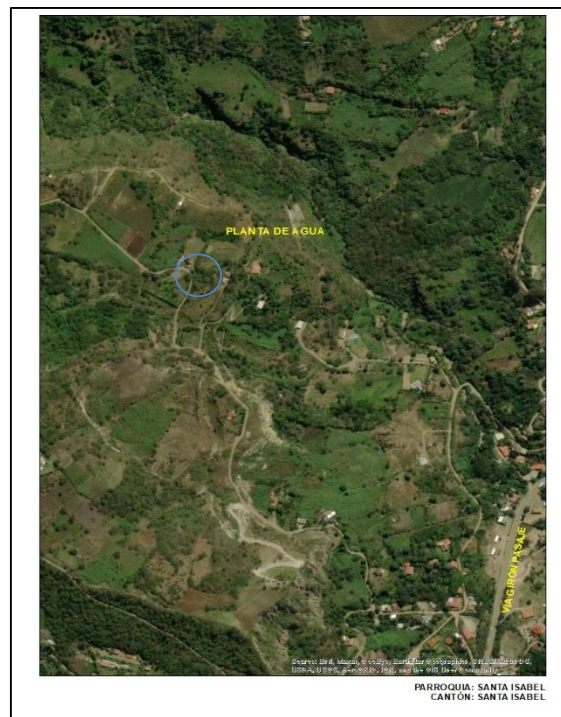
CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA

3.1 Descripción geográfica de la zona de estudio

El lugar en donde se realizó esta investigación está localizado en la comunidad de Quillosisa, en el cantón Santa Isabel, ubicado geográficamente al sureste de la cabecera cantonal del mismo nombre, perteneciente a la provincia del Azuay. Este lugar tiene una temperatura promedio anual de 21°C y con una altitud aproximada de 1426 msnm. Presenta una topografía irregular ubicada en una pendiente, posee variaciones climáticas que van desde el clima subtropical y el clima cálido. Limita al norte con la comunidad de Guabopamba, al sur con las comunidades de Patapata y Malapamba, al este con la parroquia Abdón Calderón y al oeste con la comunidad de San Nicolás. En la imagen 1 se presenta un mapa en donde se sitúa la zona de estudio.

Imagen 1. Ubicación de la planta de agua potable Quillosisa Malapamba.



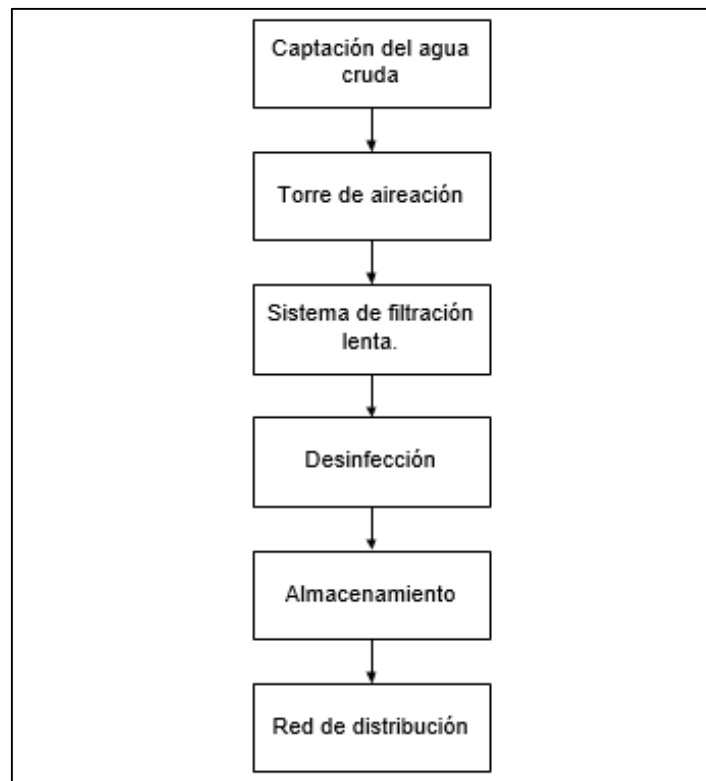
Fuente: Google Earth

3.2 Información general de la planta de agua potable Quillosisa Malapamba

Esta planta potabilizadora de agua fue entregada a la comunidad de Quillosisa en el mes de junio del 2021, mediante el apoyo del GAD municipal de Santa Isabel y representantes de la actual junta administradora. La planta de potabilización Quillosisa Malapamba se

alimenta del agua proveniente de las vertientes denominadas: vertiente Baja, vertiente Nueva y vertiente Segunda ubicadas en la zona norte de esta planta potabilizadora, tiene un caudal de ingreso a la planta aproximado de 2.10 litros por segundo, el mismo que disminuye en estación de verano y que actualmente abastece a 1500 familias. El sistema actual del proceso de potabilización se encuentra diseñado de la siguiente manera:

Imagen 2. Diagrama de potabilización de agua en la planta Quillosa Malapamba.



Fuente: Autor

3.3 Proceso de potabilización del agua en la planta Quillosa Malapamba

a) Captación

La captación del agua se realiza en un cajón de concreto armado, ingresa el agua directamente la cual tiene su origen en las vertientes llamadas vertiente Baja, vertiente Nueva y vertiente Segunda, este proceso de captación es llevado mediante líneas de conducción del agua utilizando tuberías ubicadas en pared lateral de la obra de captación y son reguladas mediante válvulas controlando el ingreso del agua.

Imagen 3. Captación del agua.



Fuente: Autor.

b) Torre de aireación

El agua llega de la captación y es transportada a una torre de aireación de bandejas múltiples con ranuras, dispuestas una bandeja sobre otra bandeja con carbón coque, el agua atraviesa la torre de aireación y cae a un tanque receptor ubicado debajo de la estructura metálica. Este tratamiento es aplicado en aguas subterráneas, el mismo que permite la aireación del agua, modificando la cantidad de sustancias volátiles y su posterior remoción mediante la filtración (Udaeta et al., 2010).

Imagen 4. Torre de aireación del agua.



Fuente: Autor.

c) Sistema de filtración lenta

El agua proveniente de la torre de aireación es conducida al sistema de filtración lenta, constituido por 2 unidades de filtros lentos. El lecho filtrante está constituido por arena, grava y antracita conjuntamente con los dispositivos de regulación como las válvulas, esta estructura de concreto permite la filtración lenta del agua, eliminando la turbidez y sus microorganismos (Ramírez, 2011).

Imagen 5. Tanques de filtración lenta.



Fuente: Autor.

d) Desinfección

El agua es conducida a la fase de desinfección, con la finalidad de extraer y eliminar materia orgánica disuelta en el agua. La mezcla se prepara con hipoclorito de calcio y se llena manualmente en un tanque de almacenamiento de plástico de 500 litros de capacidad, el goteo constante de la solución clorada se da por medio de un tubo pequeño colocado en la parte inferior del tanque de plástico y posterior a esta etapa de cloración pasa al tanque de almacenamiento.

Imagen 6. Cuarto de cloración.



Fuente: Autor.

Imagen 7. Tanque de cloración realizada al goteo.



Fuente: Autor.

e) Almacenamiento

Esta última etapa de potabilización se realiza en un tanque de almacenamiento de concreto armado de 100000 litros de capacidad, con la finalidad de conservar y satisfacer el abastecimiento de los usuarios se utiliza una tubería de PVC para su respectiva conducción.

Imagen 8. Tanque de almacenamiento.



Fuente: Autor.

3.4 Parte experimental

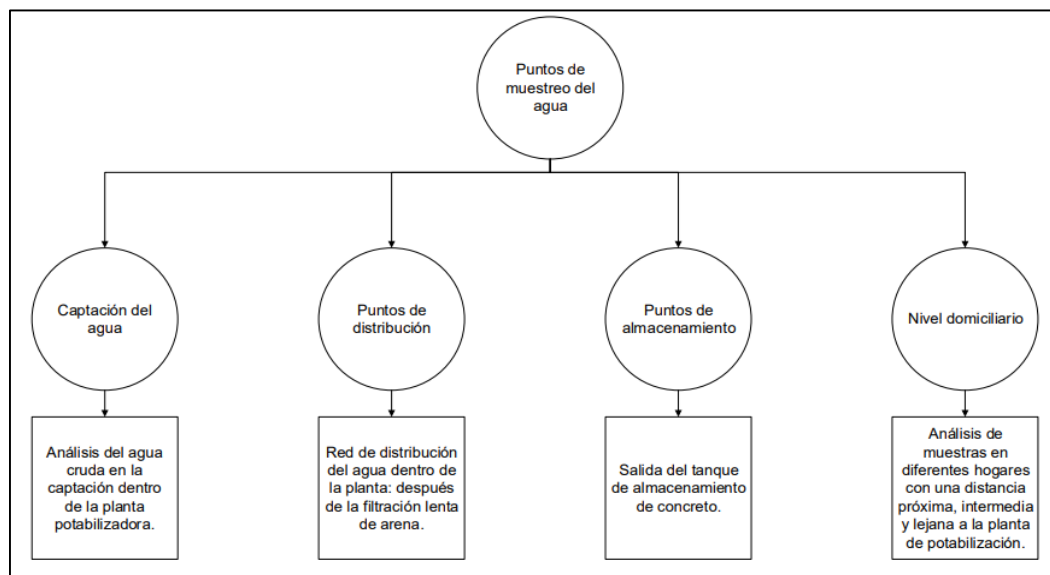
La parte experimental del trabajo de investigación se orienta a la determinación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del proceso de potabilización del agua destinada al uso humano o fines domésticos de los habitantes de Quillosisa, Malapamba, Pata Pata y San Nicolás.

Las muestras de agua fueron seleccionadas a partir de puntos diferentes del proceso de potabilización indicados en la imagen 9, de manera que represente un estudio significativo según las respectivas etapas.

3.5 Identificación de los puntos de muestreo

Los puntos establecidos para realizar el muestreo del agua se indican en la imagen 9:

Imagen 9. Puntos de muestreos a analizar.



Fuente: Autor.

3.6 Identificación y codificación de los puntos de muestreo

Las muestras fueron recolectadas con la finalidad de analizar parámetros físicos, químicos y microbiológicos, para lo cual fueron codificadas e identificadas dependiendo de las etapas de potabilización, desde el agua cruda dentro de la planta potabilizadora hasta el abastecimiento en los respectivos hogares.

3.7 Codificación de los procesos de potabilización

La codificación de los puntos de muestreo se indica según la tabla 3:

TABLA 3. Códigos asignados al proceso de potabilización.

Código asignado	Proceso de potabilización
C	Captación del agua dentro de la planta potabilizadora.
F	Posterior a la filtración.
T	Tanque de almacenamiento.
P	Nivel domiciliario 1 (distancia próxima a la planta potabilizadora con 1441 m).
M	Nivel domiciliario 2 (distancia intermedia a la planta potabilizadora con 3141 m).
L	Nivel domiciliario 3 (distancia lejana a la planta potabilizadora con 3871 m).

Fuente: Autor.

Las asignaciones de los códigos fueron establecidas según las etapas evaluadas, así, la letra C distingue la captación del agua cruda dentro de la planta potabilizadora, la letra F identifica el proceso después de la filtración lenta, la letra T identifica la salida del tanque de almacenamiento. Las letras P, M, L identifican los domicilios de los usuarios con diferentes distancias, la letra P representa el primer domicilio con una distancia de 1441 m próximo o cercano a la planta de potabilización, la letra M representa el segundo domicilio con una distancia intermedia de 3141 m a la planta de potabilización y letra L representa el domicilio más lejano con una distancia de 3871 m a la planta de potabilización.

3.8 Técnicas de muestreo utilizadas

Se realizó un muestreo de la manera más conveniente recopilando muestras puntuales y compuestas, en puntos específicos y en dirección opuesta al flujo, según los puntos existentes y seleccionados en la planta. Estableciendo un total de 3 muestreos realizados de la siguiente manera: la primera semana de muestreos fue desde el lunes 29 de noviembre al viernes 3 de diciembre del 2021, la segunda semana de muestreos fue realizada del lunes 13 de diciembre al viernes 17 de diciembre del 2021 y la tercera semana de muestreos fue realizada del lunes 3 de enero al día viernes 7 de enero del 2022.

Con la finalidad de obtener resultados confiables, los muestreos fueron realizados según las diferentes Normativas INEN aplicadas para el muestro del agua y expuestas a continuación:

Los recipientes, equipos adecuados y el material recomendado para realizar y seleccionar el muestreo se llevó de acuerdo a lo establecido en la Normativa Nacional INEN 2176 misma que explica las técnicas de muestreo a utilizar de control de calidad del agua (INEN 2176, 2013).

Para determinar la conservación de las muestras de agua, el recipiente adecuado a utilizar en el transporte y el tiempo máximo de preservación de las mismas, se siguió lo establecido en la Normativa Nacional INEN 2169 la cual especifica las técnicas generales aplicadas a las muestras, para las que se utilizaron envases nuevos de plástico de 1 galón de capacidad homogenizando 3 veces el envase a utilizar antes de llenar con la muestra de agua a recolectar (INEN 2169, 2013).

En cuanto al análisis microbiológico, se efectuó según lo descrito en la Normativa Nacional INEN 1105, utilizando envases completamente estériles y de 100 ml de capacidad, sin su

homogenización previa, los cuales son destinados a la recolección, almacenamiento y transporte de las muestras de agua (INEN 1105, 1983).

Los frascos que contenían las muestras de agua fueron rotulados y sellados para su posterior identificación utilizando el código asignado y descrito anteriormente según la fase de potabilización de la que se extrajo la muestra con la respectiva fecha, hora, cantidad de la muestra y sitio del muestreo.

Las muestras de agua fueron almacenadas en un enfriador utilizando geles de enfriamiento y hielo para mantener la temperatura a 4°C y 5°C, protegidas de la luz. Posteriormente las muestras fueron transportadas hasta al laboratorio de agua potable de Santa Isabel. Para realizar los análisis de fósforo total y manganeso, se transportaron las muestras en recipientes de vidrio de 1 litro hasta el laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Cuenca en donde fueron analizadas por el personal técnico respectivo.

Los análisis se realizaron inmediatamente en los laboratorios respectivos y mencionados en un tiempo menor a 4 horas, conservando propiedades del agua según la metodología descrita anteriormente en su recolección y transporte.

3.9 Determinación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

En el procedimiento de análisis físicos, químicos y microbiológicos se utilizaron reactivos y el equipo multiparámetro DR 890 pertenecientes a la marca Hach, mismos que están recomendados por estándares internacionales como la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, además de las Normativas Nacionales pertinentes como: INEN 974, INEN 976, INEN 1105 en las que también se especifican la metodología de los criterios evaluados, indicados en la tabla 4:

TABLA 4. Metodología utilizada en los parámetros físicos, químicos y microbiológico.

Parámetro	Método de análisis	Unidad	Límite máximo permisible
Color	Espectrofotométrico APHA Pt-Co/DR 890 M 8025	U.C. Pt-Co	15 ^a
Conductividad	Electrodo TDS Tester	μS/cm	1000 ^c
pH	Espectrofotométrico /DR 890 4500 HB	Unidades de pH	6,5-8 ^a
Sólidos suspendidos	Espectrofotométrico	mg/L	500 ^b
Temperatura	Electrodo TDS Tester	°C	±3 ^b
Turbiedad	Espectrofotométrico/ DR 890 M 2130 A y B	NTU	5 ^a
Alcalinidad	Titulación (ácido sulfúrico)	mg/L	250 ^c
Cloro libre residual	Espectrofotométrico Método DPD/890 M 8021	mg/L	0,3-1,5 ^a
Cloruros	Titulación con Nitrato de plata	mg/L	250 ^b
Dureza Total	Método EDTA Titulación	mg/L	500 ^b
Dureza cálcica	Método EDTA Titulación	mg/L	70 ^a
Dureza magnésica	Método de cálculo	mg/L	30 ^a
Fósforo total	Espectrofotométrico SM 4500 PB	mg/L	0,5 ^c
Hierro	Espectrofotométrico Método FerroVer/890 M 8008	mg/L	0,3 ^b
Manganeso	Espectrofotométrico SM 3500	mg/L	0,1 ^b
Nitratos	Espectrofotométrico Método NitraVer 5/890 M 8039	mg/L	50 ^a
Nitritos	Espectrofotométrico Método NitriVer 3/890 M8507	mg/L	3 ^a
Sulfatos	Espectrofotométrico Método SulfaVer 4/DR 890 M 8051	mg/L	250 ^b
Coliformes fecales	Tubos múltiples (NMP)	Número/100 ml	Ausencia ^a
^a Comparación de límite máximo permitido con la Normativa ecuatoriana INEN 1108. ^b Comparación de límite máximo permitido con la Normativa ecuatoriana TULSMA. ^c Comparación de límite máximo permitido con Normativas de estándares internacionales de referencia. (OMS, OPS, UE, EPA)			

Fuente: Autor

En la tabla 5 se identifica el lugar de análisis correspondiente a cada parámetro:

TABLA 5. Lugar de análisis de cada parámetro evaluado.

Parámetro	Lugar de análisis
Color	In situ
Conductividad	
Cloro residual	
pH	
Temperatura	
Turbiedad	
Alcalinidad Total	Laboratorio
Coliformes fecales	
Cloruros	
Dureza Total	
Dureza Cálcica	
Dureza Magnésica	
Fósforo Total	
Hierro	
Manganeso	
Nitratos	
Nitritos	
Sólidos suspendidos	
Sulfatos	

Fuente: Autor.

3.10 Procedimientos de análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Los métodos utilizados en parámetros físicos y químicos son: espectrofotométricos, electrométricos y volumétricos (titulación). En parámetros microbiológicos se utilizó la técnica del sembrado.

3.11 Procedimiento para determinar parámetros físicos

TABLA 6. Determinación de parámetros físicos

Parámetro	Equipos , materiales y reactivos	Procedimiento	Fundamento
Color	Equipos: -Espectrofotómetro (HACH DR 890) Materiales: -Celdas de vidrio Reactivos: -Agua destilada	Espectrofotométrico APHA Pt-Co/DR 890 M 8025 (Ver anexo 11.1)	El método se fundamenta en la utilización de patrones Platino-Cobalto y la unidad de color es causada por 1 mg/L de ión cloroplatino (Severiche et al., 2013).

Conductividad	Equipos: -Electrodo portátil (TDS Tester) Materiales: -Vaso de plástico Reactivos: -Agua destilada	Electrométrico (Ver anexo 11.2)	El método se basa en el transporte de la corriente eléctrica en una solución acuosa y calculada mediante una diferencia de voltaje entre los electrodos (Severiche et al., 2013).
pH	Equipos: -Espectrofotómetro (HACH DR 890) Materiales: -Celdas de vidrio Reactivos: -Agua destilada -Rojo fenol	Espectrofotométrico /DR 890 4500 HB (Ver anexo 11.3)	El método se basa en la medición del pH mediante un pH-metro, el mismo que tiene un electrodo de vidrio dentro de su estructura que mide el valor potenciométrico proporcional a los protones en la solución (INEN 10523, 2014).
Sólidos suspendidos	Equipos: -Espectrofotómetro (HACH DR 890) Materiales: -Celdas de vidrio Reactivos: -Agua destilada	Espectrofotométrico/DR 890 (Ver anexo 11.4)	Es calculado mediante el incremento de peso de un filtro de vidrio utilizado para retener las partículas sólidas dentro del mismo, se filtra el agua y posteriormente es secada de 103°C a 105°C (Severiche et al., 2013).
Temperatura	Equipos: -Electrodo portátil (TDS Tester) Materiales: -Vaso de plástico Reactivos: -Agua destilada	Electrométrico (Ver anexo 11.5)	El método se fundamenta en la medición de la temperatura mediante el sensor ubicado en el interior del equipo. Se realiza la calibración del instrumento a través de un potenciómetro ubicado en un lado del instrumento (Severiche et al., 2013).
Turbiedad	Equipos: -Espectrofotómetro (HACH DR 890) Materiales: -Celdas de vidrio Reactivos: -Agua destilada	Espectrofotométrico/ DR 890 M 2130 A y B (Ver anexo 11.6)	El método se fundamenta en la intensidad de luz dispersada en condiciones definidas como una propiedad óptica de suspensión, se utiliza una muestra referencial por la cual pasa la misma intensidad de luz, ocasionando una lectura directa en unidades nefelométricas de turbiedad (Higiene Ambiental, 2018).

Fuente: Autor.

3.12 Procedimiento para determinar parámetros químicos

TABLA 7. Determinación de parámetros químicos

Parámetro	Equipos , materiales y reactivos	Procedimiento	Fundamento
Alcalinidad Total	Equipos: -Soporte Universal Materiales -Bureta -Erlenmeyer -Probeta Reactivos: -Agua destilada -Fenolftaleína -Bromcresolverdemetil (Indicador) -Ácido sulfúrico 0.02 N	Titulación con Ácido sulfúrico (Ver anexo 11.7)	La alcalinidad se basa en la suma de las bases titulables, es la capacidad de neutralizar ácidos, y su presencia en el agua indica la existencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. El método se fundamenta en la valoración de la muestra con un ácido mineral, el final de la reacción se determina visualmente con indicadores adecuados (Severiche et al., 2013).
Cloro residual	Equipos: -Espectrofotómetro (HACH DR 890) Materiales: -Celdas de vidrio Reactivos: -Agua destilada -Indicador DPD	Espectrofotométrico Método DPD/890 M 8021 (Ver anexo 11.8)	La técnica más utilizada y recomendada es la realizada con el indicador N, Ndiethyl-p-fenilendiamina (DPD), realiza la valoración exacta del contenido de cloro residual. El indicador DPD en medio acuoso cambia a un color rojizo proporcional a la concentración de cloro residual libre (Fernández et al., 2001).
Cloruros	Equipos: -Soporte Universal Materiales -Bureta -Erlenmeyer -Probeta Reactivos: -Agua destilada -Indicador Argentométrico -Nitrato de plata 0.01 N	Titulación con Nitrato de plata (Ver anexo 11.9)	El método argentométrico es aplicado al análisis de cloruros con concentraciones entre 5 mg/L a 150 mg/L, el cromato de potasio actúa como indicador y posterior se produce su precipitación con un color característico de rojo ladrillo (Severiche et al., 2013).
Dureza Total	Equipos: -Soporte Universal Materiales -Bureta -Erlenmeyer -Probeta	Titulación con EDTA (Ver anexo 11.10)	El fundamento se basa en la valoración volumétrica con la sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), al adicionar a una solución que contiene determinados cationes metálicos, el EDTA acompleja iones de calcio y de

	Reactivos: -Agua destilada -Buffer pH 10 -Indicador Manver 2 -EDTA 0.02 N		magnesio que reaccionan con el indicador, cambiando de un color rojo vino a un color azul indicando el final de la titulación (INEN 974, 2016).
Dureza cálcica y Dureza magnésica	Equipos: -Soporte Universal Materiales -Bureta -Erlenmeyer -Probeta Reactivos: -Agua destilada -Na(OH) 8 N -Indicador Calver 2 -EDTA 0.02 N	Titulación con EDTA (Ver anexo 11.11 y Anexo 11.12)	El método se fundamenta en aumentar el pH, mediante el hidróxido de sodio, de esta manera precipita el magnesio y se obtiene la dureza cálcica. Se utiliza el murexida como indicador, formando con el EDTA un color violeta indicando el final de la reacción. Para La dureza magnésica del agua es calculada mediante la diferencia de la dureza total y de la dureza cálcica, en ambos cálculos los resultados son expresados en mg/L de CaCO_3 (Severiche et al., 2013).
Fósforo Total	Equipos: -Espectrofotómetro UV-Vis Materiales -Balón de aforo -Erlenmeyer -Pipetas volumétricas -Microespátula -Celda de vidrio Reactivos: -Agua destilada -Ácido sulfúrico -Fenolftaleína -Hidróxido de sodio -Ácido acórbico -Molibdato de amonio	Espectrofotométrico SM 4500 PB (Ver anexo 11.13)	La determinación de fósforo total es determinada en una muestra sin filtrar ya que están presentes todas las formas de fósforo. El fósforo puede estar presente en combinación con la materia orgánica, se prepara la muestra mediante un método de digestión capaz de oxidar la materia orgánica efectivamente, para liberar el fósforo como ortofosfato (IDEAM, 2020).
Hierro	Equipos: -Espectrofotómetro (HACH DR 890) Materiales: -Celdas de vidrio Reactivos: -Agua destilada -Indicador Ferrover	Espectrofotométrico Método FerroVer/890 M 8008 (Ver anexo 11.14)	El método empleado para el análisis hierro es realizado mediante el indicador de Ferrover que permite la reducción del hierro al estado ferroso (soluble en agua) reaccionando con el 1,10 fenantrolina obteniendo un cambio en la coloración a rojo-naranja, proporcional a la concentración de hierro (HACH, 2000).

Manganeso	Equipos: -Espectrofotómetro UV-Vis Materiales -Balón de aforo -Erlenmeyer -Pipetas volumétricas -Microespátula -Celda de vidrio Reactivos: -Agua destilada -Sulfato de mercurio -Nitrato de plata -Ácido nítrico -Ácido fosfórico	Espectrofotométrico SM 3500 (Ver anexo 11.15)	El fundamento se basa en añadir formaldoxima al agua y la medición es realizada con espectrometría a una longitud de onda aproximada de 450 nm, la intensidad del color es proporcional a la cantidad de manganeso, si el manganeso se encuentra suspendido o vinculado orgánicamente requiere de un tratamiento para reaccionar con formaldoxima, la relación es lineal entre la concentración y la absorbancia (INEN 6333, 2013).
Nitratos	Equipos: -Espectrofotómetro (HACH DR 890) Materiales: -Celdas de vidrio Reactivos: -Agua destilada -Indicador NitraVer 5	Espectrofotométrico Método NitraVer 5/890 M 8039 (Ver anexo 11.16)	El fundamento consiste en la reducción cuantitativa de nitrato a nitrito en presencia de cadmio produciendo un compuesto orgánico de diazonio, produciendo una coloración correspondiente a la cantidad de nitratos (HACH, 2000).
Nitritos	Equipos: -Espectrofotómetro (HACH DR 890) Materiales: -Celdas de vidrio Reactivos: -Agua destilada -Indicador Nitriver 3	Espectrofotométrico Método NitriVer 3/890 M8507 (Ver anexo 11.17)	Su determinación consiste en la reacción del ácido sulfanílico y el nitrito en medio del ácido clorhídrico en presencia del ión amonio y fenol con el grupo NO ₂ , su medición es realizada con una longitud de onda a 425 nm con métodos espectrofotométricos (Severiche et al., 2013).
Sulfatos	Equipos: -Espectrofotómetro (HACH DR 890) Materiales: -Celdas de vidrio Reactivos: -Agua destilada -Indicador Sulfaver 4	Espectrofotométrico Método SulfaVer 4/DR 890 M 8051 (Ver anexo 11.18)	El método se fundamenta en la precipitación del ión sulfato en un medio ácido utilizando el cloruro de bario, formando cristales de tamaño uniforme de sulfato de bario, esta cantidad de cristales es proporcional a los sulfatos (Severiche et al., 2013).

Fuente: Autor.

3.13 Procedimiento para determinar parámetros microbiológicos

TABLA 8. Determinación de parámetros microbiológicos

Parámetro	Equipos , materiales y reactivos	Procedimiento	Fundamento
Coliformes fecales (E. coli)	Equipos: -Balanza analítica -Autoclave -Incubadora Materiales: -Erlenmeyer -Frasco de vidrio con tapa -Espátula -Tubos de ensayo -Gradillas de plástico -Pipetas automáticas Reactivos: -Agua destilada -Cultivo Fluorocult -Alcohol industrial -Tiosulfato de sodio (1%) -Reactivo de Kovac	Tubos múltiples (Número más probable-NMP) (Ver anexo 11.19)	El principio de la técnica consiste en la dilución de las alícuotas en múltiples tubos, la presenciencia de gas en el agua y su variación de color indican la existencia de contaminación microbiana, este procedimiento es denominado número más probable (Namigtle, 2017).

Fuente: Autor.

3.14 Medición del Cloro residual en distancias diferentes.

1. Se realizó las inspecciones a la planta potabilizadora, lugares de distribución y a los domicilios para establecer la localización de los puntos de red y tomar las muestras de agua.
2. Los días asignados para el muestreo fueron tres días lunes consecutivos con fechas: 10, 17 y 24 de enero del 2022
3. Los muestreos se realizaron desde las ocho de la mañana y desde las cuatro de la tarde.
4. Las viviendas seleccionas y ubicadas presentan una distribución por sectores agrupados con diferentes distancias. El primer lugar de muestreo es a la salida del tanque de almacenamiento, los otros puntos de muestreos fueron tres casas con una distancia cercana, intermedia y lejana al proceso de potabilización, las mismas

que se abastecen con el agua que se potabiliza en esta planta y fue necesario contar con el permiso del dueño de cada domicilio.

5. El equipo utilizado fue el multiparámetro de la marca HACH DR 890 con el indicador de cloro residual N, N Dietil Paraafenileno Diamina (DPD).
6. Se eliminó cualquier tipo de interferencia que se encuentre junto al grifo.
7. Se abrió el grifo y se dejó correr el agua en un tiempo de 3 a 5 minutos.
8. Se analizaron las muestras según el procedimiento descrito en el anexo 11.8
9. Los resultados fueron registrados y comparados con la respectiva Normativa Nacional INEN 1108 2020 identificando las diferencias y aportando el respectivo soporte teórico. (Ver anexo 11.20)

3.15 Análisis estadístico

Los resultados fueron evaluados mediante la estadística descriptiva, se utilizó el programa estadístico SPSS para el calcular la media, desviación estándar e intervalo de confianza y su variación significativa fue realizada mediante la varianza estadística ANOVA.

3.16 Manual de mantenimiento

Un manual de mantenimiento es un documento en donde se presenta la organización, operación, frecuencia, procedimientos e instrumentos que utiliza una planta potabilizadora de agua, con la finalidad de implementar el mantenimiento respectivo. El manual está compuesto por diversos procesos o etapas para realizar las actividades de mantenimiento, también se describe las operaciones correspondientes a las etapas de potabilización, las mismas que serán ejecutadas por parte del operador, teniendo el presente manual como un apoyo en la administración con respecto al mantenimiento (Paulsen & Werner, 2017).

3.16.1 Alcance del manual

El manual es dirigido al personal técnico de la planta de tratamiento Quillosa Malapamba para la ejecución de las actividades de mantenimiento desde la captación del agua cruda hasta su respectiva distribución.

3.16.2 Estructura del manual

El manual de mantenimiento preventivo tiene por objetivo proporcionar a los responsables y operador de la planta de tratamiento de agua potable Quillosa Malapamba, una herramienta de consulta acerca de la operación y mantenimiento de las unidades existentes en el sistema de potabilización, el documento se desarrolló en base a que los aspectos técnicos y operativos son realizados de una manera empírica, incrementando el riesgo de

presentar irregularidades en el tratamiento del agua debido a una falta de vigilancia en las unidades de potabilización, además el manual podrá ser utilizado como un aporte en la capacitación del nuevo persona. De esta manera el manual está conformado por:

- Definiciones explicadas en forma simple de los principales componentes del sistema de tratamiento de agua potable aplicados al sector rural.
- Estructura organizacional de la junta agua potable regional Quillosa Malapamba, el cual está conformado por: asamblea de socios, consejo directivo y el operador de planta.
- Responsabilidades principales del operador de planta, el mismo que incluye las actividades a desarrollar y su frecuencia respectiva.

3.16.3 Plan de mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento preventivo se encuentra dentro de la estructura del manual, consta de la verificación periódica a la planta potabilizadora, el mantenimiento de las unidades de potabilización junto con las herramientas de trabajo, los materiales a utilizar según requiera el mantenimiento y el equipo de protección personal, explicados a continuación:

- Verificación periódica: inspecciones frecuentes a planta potabilizadora para evitar posibles fallas de las unidades de tratamiento con el objetivo de aumentar la utilidad de los procesos.
- Mantenimiento periódico: permite la ejecución de actividades según la frecuencia establecida garantizando el buen funcionamiento de las unidades de potabilización.
- Herramientas, materiales y equipo de protección personal (EPP) a utilizar durante el mantenimiento preventivo, explicados en la tabla 9:

TABLA 9. Herramientas, materiales y equipos de protección personal.

Herramientas	Materiales	EPP
✓ Pala	✓ Arena	✓ Guantes
✓ Rastrillo	✓ Cemento	✓ Botas
✓ Recogedor	✓ Pintura anticorrosiva	✓ Casco
✓ Escoba	✓ Detergente biodegradable	✓ Gafas protectoras
✓ Aceite	✓ Aceite lubricante	✓ Mascarilla
✓ Lubricantes	✓ Cinta para fugas	✓ Overoles de cuerpo entero
✓ Cepillo metálico	✓ Adhesivo	
✓ Brochas		

Fuente: Autor.

El manual se encuentra en el anexo 13, se especifican los detalles de las actividades para llevar a la práctica una adecuada operación y mantenimiento de las etapas de potabilización, de este modo, la planta de agua potable Quillosa Malapamba tendrá acceso a la información necesaria sobre el adecuado desarrollo de los procesos operativos, mediante la ejecución de las labores de mantenimiento preventivo en las unidades de potabilización, destacando la importancia de tener un manual que explique la operación y mantenimiento de cada etapa de potabilización aplicado al sector rural.

(Ver anexo 13-Manual de mantenimiento)

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Análisis de resultados y discusión de los parámetros evaluados.

El agua potable destinada al consumo humano puede verse afectada por diversos factores, entre ellos: aguas residuales, excretas de seres humanos o animales y factores físicos o químicos propios del lugar de estudio (OMS, 2011). Por esta razón es indispensable analizar al agua potable mediante pruebas físicas, químicas y microbiológicas y comparar los resultados con las Normativas Nacionales vigentes como la INEN 1108 2020 sexta revisión, Texto Unificado de Legislación Secundaria de Ministerio de ambiente TULSMA y requisitos de estándares internacionales del agua potable.

Los resultados de los análisis se encuentran recopilados en anexos, mismos que se realizaron en la planta de agua potable del cantón Santa Isabel y en el laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Cuenca. Los análisis fueron desarrollados según las etapas de potabilización evaluadas: captación del agua dentro de la plata potabilizadora, salida del sistema de filtración lenta, salida del tanque de almacenamiento y los domicilios con sus respectivas distancias. Se analizó mediante estadística descriptiva la media, desviación estándar, intervalos de confianza y variación significativa (valor de P) según la tabla 10.

TABLA 10. Cálculo de la media, desviación estándar, intervalo de confianza y su significación estadística.

Parámetro	Etapas de potabilización	Media	Desviación estándar	Intervalo de Confianza		Valor de P
Turbiedad	Captación	4,5	0,57	3,58	5,41	0,173
	Posterior a la filtración	4	1	1,51	6,48	
	Salida del tanque de almacenamiento	6	1,73	1,69	10,30	
Color	Captación	9,66	4,04	-0,37	19,70	0,343
	Posterior a la filtración	8,66	5,68	-5,45	22,79	
	Salida del tanque de almacenamiento	13,66	0,57	12,23	15,100	
pH	Captación	7,5	0,2	7,00	7,99	0,008
	Posterior a la filtración	8,1	0,2	7,60	8,59	
	Salida del tanque de almacenamiento	8,15	0,13	7,82	8,47	
Conductividad	Captación	391,66	3,05	384,07	399,25	0,17
	Posterior a la filtración	439	38,15	344,21	533,78	
	Salida del tanque de almacenamiento	449	45,03	337,13	560,86	
Temperatura	Captación	23	1	20,51	25,48	0,352
	Posterior a la filtración	21,33	0,57	18,89	22,76	
	Salida del tanque de almacenamiento	21,33	2,30	15,59	27,070	
Sulfatos	Captación	5,83	0,76	3,93	7,73	0,85
	Posterior a la filtración	5,33	1,89	0,63	10,035	
	Salida del tanque de almacenamiento	5,33	0,57	3,89	6,76	
Nitratos	Captación	5,56	1,92	0,79	10,340	0,054
	Posterior a la filtración	2,18	0,70	0,44	3,92	
	Salida del tanque de almacenamiento	3,3	1,105	0,55	6,04	
Hierro	Captación	0,128	0,082	-0,076	0,33	0,309
	Posterior a la filtración	0,08	0,05	-0,04	0,20	
	Salida del tanque de almacenamiento	0,05	0,021	-0,004	0,10	
Nitritos	Captación	0,012	0,016	-0,029	0,053	0,616
	Posterior a la filtración	0,030	0,03	-0,065	0,12	
	Salida del tanque de almacenamiento	0,014	0,003	0,006	0,02	

Sólidos suspendidos	Captación	2	1,73	-2,302	6,30	0,204
	Posterior a la filtración	0	0	0	0	
	Salida del tanque de almacenamiento	3	2,64	-3,57	9,57	
Cloruros	Captación	3,17	0,15	2,78	3,55	0,13
	Posterior a la filtración	3,23	0,34	2,36	4,09	
	Salida del tanque de almacenamiento	3,69	0,33	2,87	4,518	
Alcalinidad	Captación	192,66	8,08	172,58	212,74	0,157
	Posterior a la filtración	212,66	18,14	167,58	257,74	
	Salida del tanque de almacenamiento	223,66	21,73	169,67	277,65	
Dureza total	Captación	177,66	1,52	163,87	171,46	0,032
	Posterior a la filtración	194,66	11,54	165,98	223,35	
	Salida del tanque de almacenamiento	204	19,078	156,60	251,39	
Dureza cálcica	Captación	130,33	4,72	118,59	142,07	0,03
	Posterior a la filtración	158	7,21	140,08	175,91	
	Salida del tanque de almacenamiento	159,66	17,039	117,33	201,99	
Dureza magnésica	Captación	37,33	3,51	28,60	46,05	0,506
	Posterior a la filtración	36,66	8,08	16,58	56,74	
	Salida del tanque de almacenamiento	44,33	11,59	15,54	73,12	
Manganeso	Captación	0,20	0,154	-0,17	0,58	0,98
	Posterior a la filtración	0,16	0,22	-0,39	0,72	
	Salida del tanque de almacenamiento	0,18	0,29	-0,54	0,91	
Fosforo total	Captación	2,14	2,30	-3,51	7,88	0,621
	Posterior a la filtración	0,69	0,36	-0,21	1,59	
	Salida del tanque de almacenamiento	1,41	1,93	-3,38	6,22	
Cloro residual en los domicilios	Salida del tanque de almacenamiento	0,41	0,17	0,22	0,60	0,786
	Domicilio con una distancia próxima a la planta potabilizadora	0,38	0,16	0,211	0,55	
	Domicilio con una distancia intermedia a la planta potabilizadora	0,35	0,16	0,18	0,52	

	Domicilio con una distancia lejana a la planta potabilizadora	0,32	0,16	0,15	0,49	
--	---	------	------	------	------	--

Fuente: Autor.

En el análisis ANOVA se proponen las hipótesis:

H0: No existen diferencias significativas de los parámetros físico-químicos entre las etapas de potabilización.

H1: Sí existen diferencias significativas de los parámetros físico-químicos entre las etapas de potabilización.

Según los resultados no se identificaron diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de los parámetros analizados, a excepción del pH, dureza total y dureza cálcica, cuyo valor de P fue menor a 0.05, estableciendo que en estos parámetros analizados si existen diferencias significativas en las procesos evaluados, los valores promedios de estos parámetros tienden a subir en la etapa posterior a la filtración y en el tanque de almacenamiento, los mismos que son ocasionados por una falta de mantenimiento y limpieza en estas unidades generando cambios en los resultados, excediendo en algunos análisis el límite máximo, según estándares recomendados en la OMS para la dureza y la Normativa Nacional INEN 1108 2020 con respecto al pH del agua.

Para el cloro residual en los domicilios se propone las siguientes hipótesis:

H0: No existen diferencias significativas del cloro residual entre las distancias evaluadas.

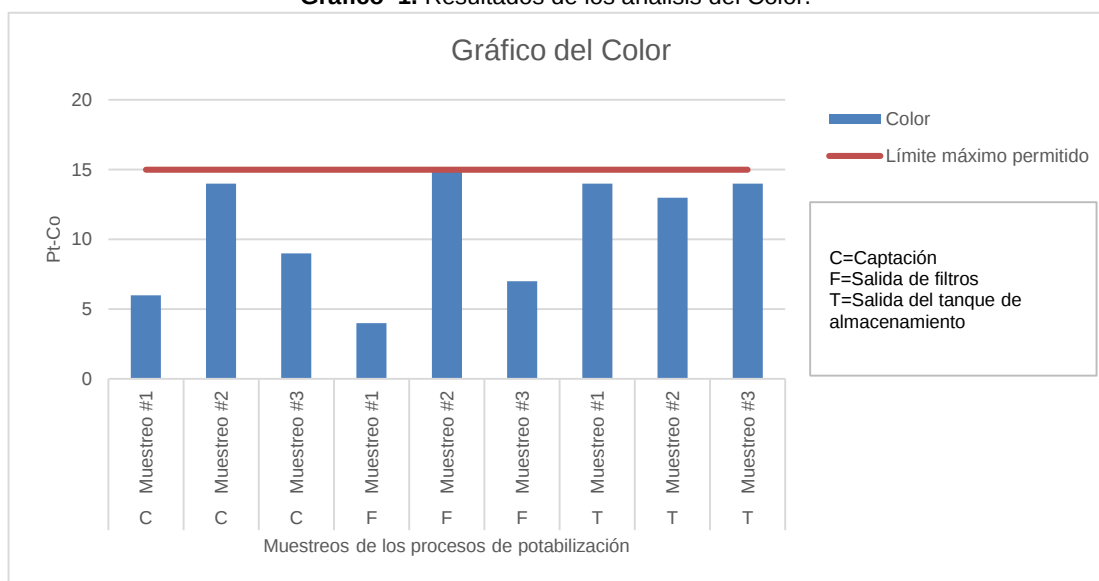
H1: Si existen diferencias significativas del cloro residual entre las distancias evaluadas.

De acuerdo con el valor de P obtenido en el análisis ANOVA de la tabla 10, no se identificó diferencias estadísticamente significativas para el parámetro cloro residual en los domicilios, sin embargo, los resultados promedio de las concentraciones tienden a disminuir y se encuentran fuera del rango según lo establecido en la Normativa Nacional INEN 1108 2020, el mismo que comprende valores desde 0,3 mg/L hasta 1,5 mg/L, esto se debe a que las concentraciones son bajas en diferentes puntos analizados (gráfico 12) ya que la dosificación es realizada manualmente y el tiempos diferentes por el operador.

4.2 Discusión de resultados de parámetros físicos

4.2.1 Análisis del parámetro Color.

Gráfico 1. Resultados de los análisis del Color.



Fuente: Autor.

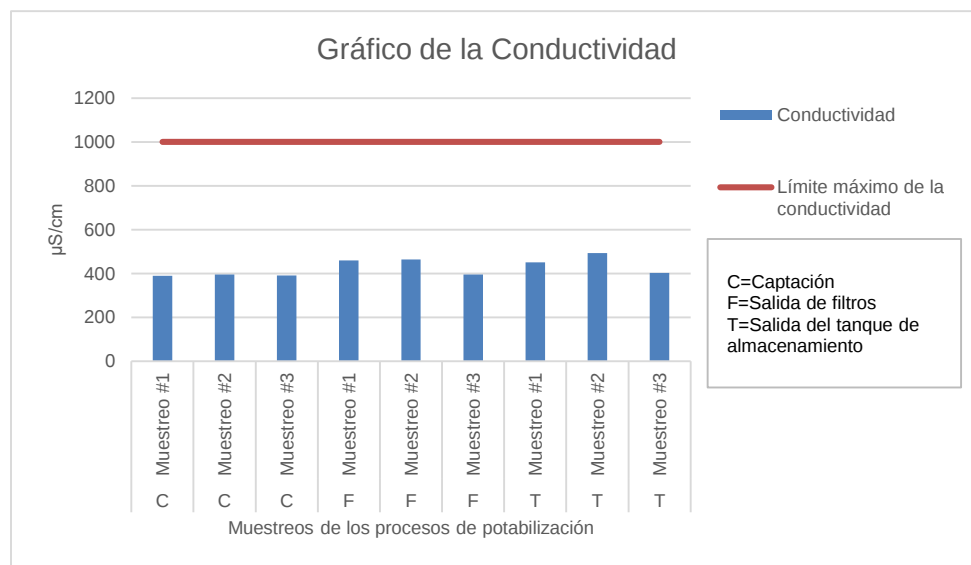
Los valores registrados del parámetro color se encuentran dentro del límite máximo permitido por la INEN 1108 2020, misma que indica 15 unidades (Pt-Co) de color aparente como valor máximo, se identifica que en la evaluación número dos de la captación y salida del sistema de filtración existe un incremento de este parámetro, el cual es originado por la época lluviosa presentada en días anteriores a los análisis realizados en estas etapas respectivas. Se identifican también valores altos, pero dentro del límite establecido, en la evaluación desarrollada en el tanque de almacenamiento, mismos que se presentan debido a una falta de mantenimiento de esta unidad. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2011) las variaciones de este parámetro son ocasionadas por sustancias disueltas y partículas en suspensión, materia orgánica coloreada, niveles altos de hierro y otros metales.

El estudio *“Evaluación de la calidad de agua tratada de los sectores General Vintimilla y Señor de Flores, de la parroquia Bayas del cantón Azogues-2017”*, realizado por Erick Flores y Miriam Machuca, demuestran que se obtiene valores muy bajos del parámetro color, ocasionado por un adecuado proceso de mantenimiento y limpieza de los filtros cumpliendo con la Normativa respectiva e identificando también bajos valores de turbidez en dicha investigación, lo cual está relacionado directamente con la presencia del color en el agua, a diferencia de este estudio que presenta variaciones en los resultados causadas

por la época invernal y la falta de mantenimiento en las unidades de tratamiento evaluadas, sin embargo se mantienen dentro del límite máximo mencionado en el párrafo anterior.

4.2.2 Análisis del parámetro Conductividad

Gráfico 2. Resultados de los análisis de la Conductividad.



Fuente: Autor.

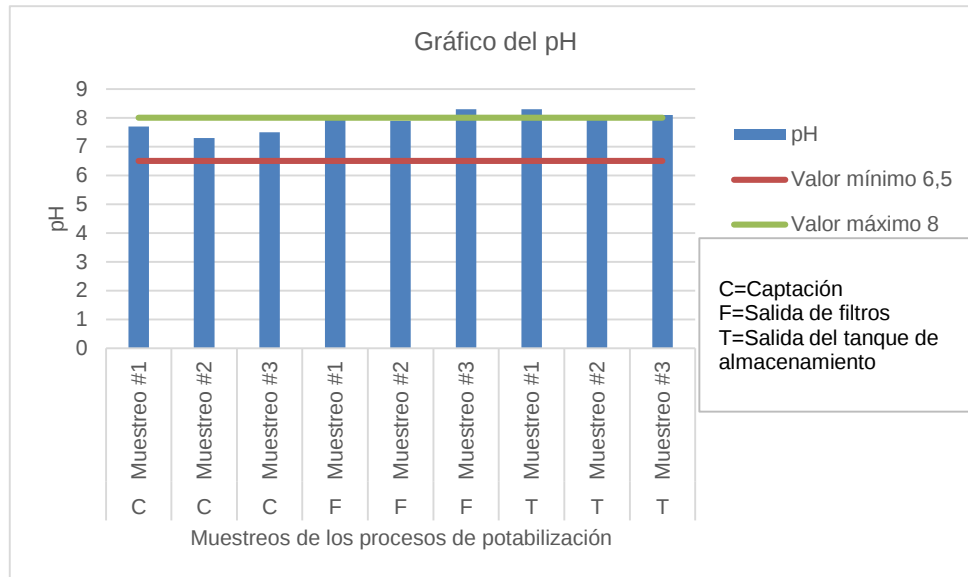
El parámetro de conductividad no es regulado por la Normativa Nacional INEN 1108 2020, o por la Normativa del TULSMA libro VI, anexo 1, tabla 2, pero al comparar con estudios realizados por la compañía Hach, fundamentada en estándares europeos e internacionales como la OMS o también la EPA, indican que la conductividad para el agua debe ser inferior a 1000 $\mu\text{S/cm}$ y los resultados obtenidos demuestran que los valores se mantienen en un rango desde 389 $\mu\text{S/cm}$ hasta 493 $\mu\text{S/cm}$, los mismos considerados bajos debido al almacenamiento en estructuras de concreto y a la conducción del agua en tuberías de PVC dentro del proceso de potabilización.

Al relacionar con el estudio *“Evaluación de la calidad de agua tratada de los sectores General Vintimilla y Señor de Flores, de la parroquia Bayas del cantón Azogues-2017”*, realizado por Erick Flores y Miriam Machuca, los resultados indican que la conductividad no varía estadísticamente en los sitios en donde se realiza el análisis y el mismo presenta ligeras variaciones ya que este parámetro se encuentra en función la cantidad de sólidos disueltos, de manera que concuerda con este estudio, el cual indica que el comportamiento de la conductividad es originada en función la cantidad de sólidos en las etapas analizadas,

sin embargo los resultados se mantienen dentro del límite máximo mencionado anteriormente.

4.2.3 Análisis del parámetro pH

Gráfico 3. Resultados de los análisis del pH



Fuente: Autor.

Los valores registrados del parámetro pH en mayor cantidad tienen valores que cumplen con el rango de 6.5 hasta 8 unidades de pH establecidos en la Normativa INEN 1108 2020, pero se observa un incremento de los valores posterior a la filtración y tanque de almacenamiento, los cuales son ligeramente mayores al límite superior. Según la Organización Mundial de la salud (OMS, 2011), este parámetro está relacionado directamente por el calcio y su origen. Sin embargo, a valores mayores de los obtenidos, ocasionaría problemas de corrosión y mal sabor del agua, estos valores son atribuidos también a una falta de mantenimiento en las unidades del sistema de filtración y tanque de almacenamiento.

Al realizar la comparación con el estudio “*Evaluación de la calidad de agua tratada de los sectores General Vintimilla y Señor de Flores, de la parroquia Bayas del cantón Azogues-2017*”, realizado por Erick Flores y Miriam Machuca, los resultados demuestran que se obtiene un valor neutral del valor del pH, a diferencia de este estudio, el cual presenta resultados que tienden a la alcalinidad ya que sus valores dependen de las condiciones geográficas en que se realiza la captación del agua.

4.2.4 Análisis del parámetro Sólidos suspendidos

Gráfico 4. Resultados de los análisis de Sólidos suspendidos.



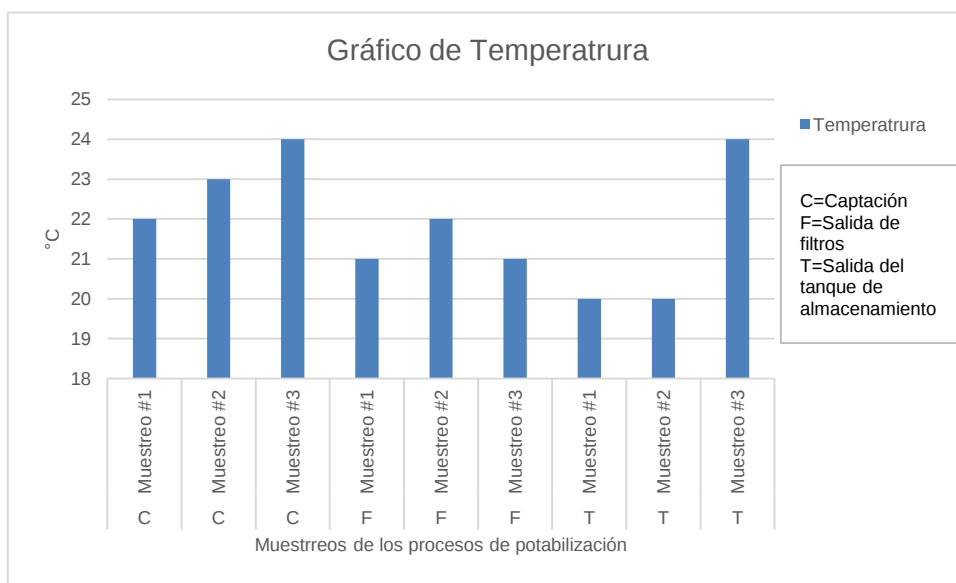
Fuente: Autor.

Los resultados del parámetro de sólidos suspendidos indican que cumplen con la Normativa ecuatoriana TULSMA la misma que indica un valor máximo de 500 mg/L. En el gráfico se distinguen concentraciones altas, pero no significativas en el muestreo número uno correspondiente a la captación y tanque de almacenamiento. En la etapa posterior a la filtración se identifica que no existe concentración de sólidos suspendidos, estas variaciones pueden ser ocasionadas por una falta de limpieza y niveles de agua menores a la mitad del tanque de almacenamiento, sin embargo, se mantienen bajos con respecto a la Normativa Nacional mencionada.

El estudio *“Análisis físico-químico y microbiológico del sistema de agua de la Junta Administradora de Agua Potable de la Parroquia Baños-2011”*, realizado por Fanny Aucapiña y María Velasco, indican que los resultados de sólidos suspendidos se mantienen con valores bajos durante el tratamiento de potabilización, de manera que los valores obtenidos si concuerdan con dicha investigación, ya que se mantienen dentro del límite de Normativa, el mismo documento indica que la cantidad de sólidos aumenta la conductividad e interfiere en las propiedades organolépticas del agua.

4.2.5 Análisis del parámetro Temperatura

Gráfico 5. Resultados de los análisis de Temperatura.



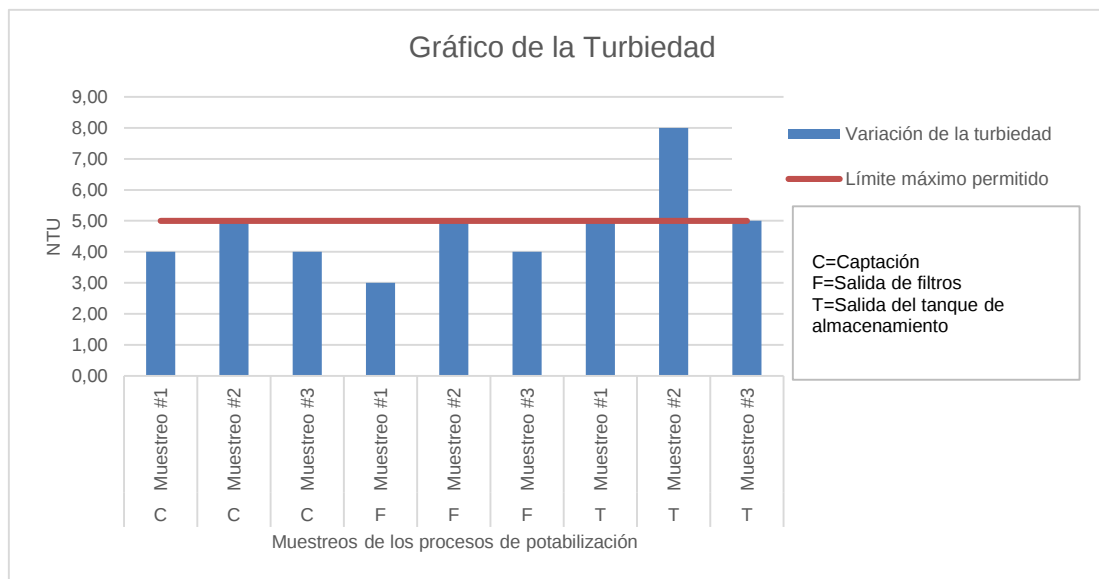
Fuente: Autor.

Los resultados para el parámetro de temperatura, poseen un valor mínimo de 20°C y un valor máximo de 24°C según los días de análisis. Dichos valores considerados normales ya que son similares la temperatura ambiental en este lugar perteneciente al cantón Santa Isabel, mismo que tiene un valor promedio de 23°C, estos valores registrados se encuentran dentro de una variación de ± 3 (°C) establecido en el TULSMA con respecto a la temperatura ambiental promedio del cantón.

El estudio *“Evaluación de la calidad del agua en la quebrada El Salado mediante la aplicación del índice de calidad de agua (NSF) en la parroquia El Valle, cantón Cuenca-2020”*, realizado por José Espinoza demuestran en resultados que existe una variación de la temperatura entre los puntos analizados, de manera que concuerdan con la presente investigación la misma que identifica cambios de temperatura en los puntos evaluados, sin embargo, se mantienen dentro de la Normativa mencionada y sus resultados son atribuidos a la variación de la temperatura ambiental durante el transcurso del día.

4.2.6 Análisis del parámetro Turbiedad

Gráfico 6. Resultados de los análisis de la Turbiedad.



Fuente: Autor.

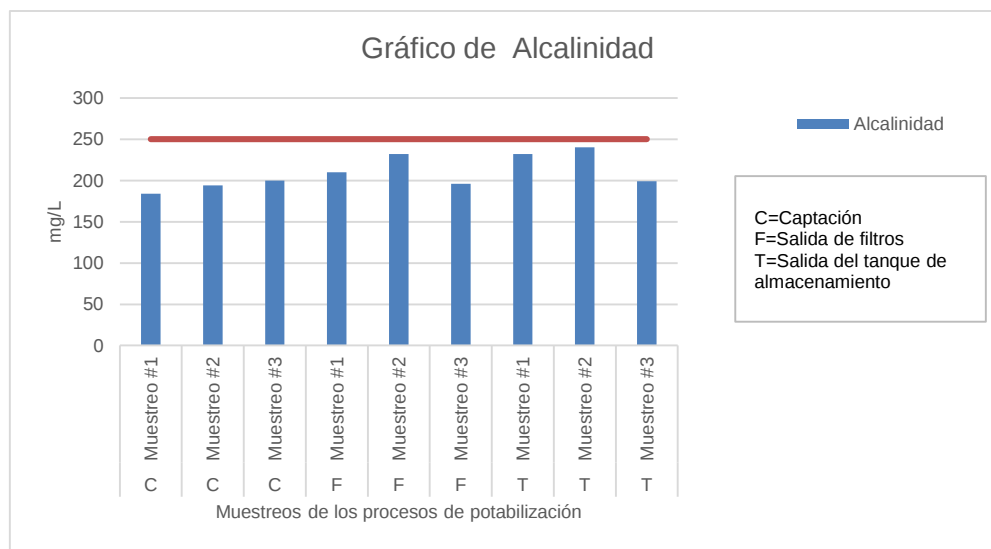
Los valores registrados del parámetro turbiedad en la evaluación realizada en las etapas de la captación y posterior a la filtración se encuentran dentro del límite máximo permitido de 5 NTU establecido en la Normativa INEN 1108 2020, se demuestra también un incremento en la evaluación número dos de estas dos etapas analizadas debido al época lluviosa presentada días previos al muestreo, sin embargo, se mantienen dentro del límite mencionado. En la evaluación realizada al tanque de almacenamiento con respecto a este parámetro se identifica que en la prueba número dos, existe un valor mayor al límite establecido, estas variaciones son ocasionadas por las condiciones climatológicas de invierno y falta de limpieza en el tanque de almacenamiento.

Al relacionar con el estudio *“Evaluación de la calidad del agua en la quebrada El Salado mediante la aplicación del índice de calidad de agua (NSF) en la parroquia El Valle, cantón Cuenca-2020”*, realizado por José Espinoza, en resultados se concluye que los valores de la turbiedad en los primeros análisis realizados se ven afectados por condiciones climatológicas de invierno, de manera que los resultados concuerdan con dicha investigación, ya que se eleva el contenido de partículas registrando valores más altos en épocas de lluvia con respecto a este parámetro evaluado.

4.3 Discusión de resultados de parámetros químicos.

4.3.1 Análisis del parámetro Alcalinidad

Gráfico 7. Resultados de los análisis de Alcalinidad.



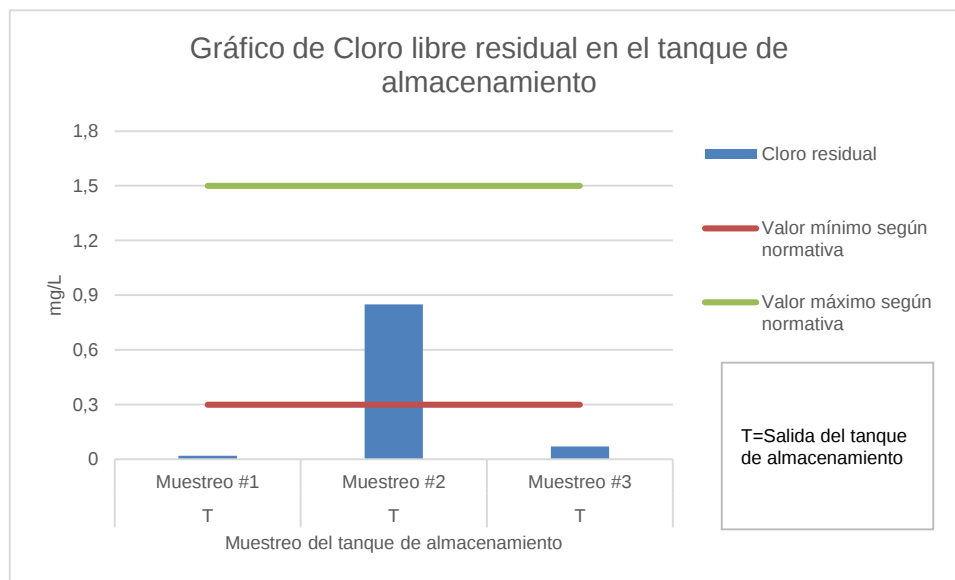
Fuente: Autor.

El parámetro de la alcalinidad no es regulado por la Normativa Nacional INEN 1108 2020 o por la Normativa del TULSMA, pero si se realizan comparaciones con estándares europeos y estudios internacionales como los de la compañía Hach, basada en concentraciones establecidas por guías internacionales como Agencia de Protección Ambiental (EPA) establece un valor máximo de la alcalinidad de 250 mg/L, si se comparan con estos niveles establecidos, se encuentran alcanzando este rango y se distinguen variaciones más altas de este parámetro a partir del muestreo número uno y dos en la filtración y salida del tanque de almacenamiento ocasionadas por una falta de mantenimiento de estas unidades, sin embargo se mantienen dentro del límite especificado.

El estudio “Evaluación de la calidad de agua tratada de los sectores General Vintimilla y Señor de Flores, de la parroquia Bayas del cantón Azogues-2017”, realizado por Erick Flores y Miriam Machuca, concluye en los resultados que sus valores no varían estadísticamente durante el proceso de potabilización, de manera que se concuerda con dicha investigación, este parámetro analizado depende de formaciones geográficas o componentes del suelo, sin embargo se encuentran dentro del límite máximo mencionado en el párrafo anterior.

4.3.2 Análisis del parámetro Cloro libre residual en el tanque de almacenamiento.

Gráfico 8. Resultados de los análisis de Cloro libre residual.



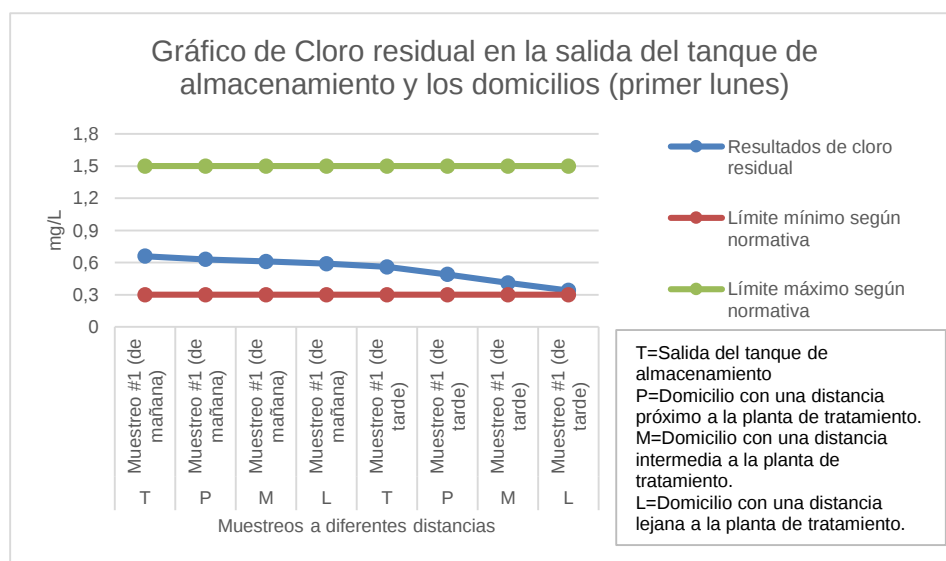
Fuente: Autor.

El análisis del parámetro cloro libre residual se compara con el rango de 0,3 mg/L hasta 1.5 mg/L indicado en la Normativa Nacional INEN 1108 2020, durante los muestreos realizados al tanque de almacenamiento, muestra una deficiencia de la cloración en el primer y el tercer muestreo realizado donde se distingue que este parámetro se encuentra fuera de rango, a diferencia del muestreo número dos que está dentro de los valores indicados en la Normativa mencionada, sus variaciones son atribuidas a causa de una inadecuada dosificación manual de cloro, interviniendo en una deficiente eliminación de microorganismos patógenos.

Al comparar con el estudio *“Evaluación de la calidad de agua tratada de los sectores General Vintimilla y Señor de Flores, de la parroquia Bayas del cantón Azogues-2017”*, realizado por Erick Flores y Miriam Machuca, se concluye que existe deficiencias en la etapa de desinfección demostrado el mediante análisis de cloro residual, concordando con esta investigación ya que se demuestra que los datos obtenidos con respecto al cloro residual no cumple con la Normativa Nacional mencionada en el párrafo anterior, esto es debido a las condiciones propias del sector como temperatura o una inadecuada dosificación del cloro por parte del operador.

4.3.3 Análisis del parámetro Cloro libre residual en distancias diferentes.

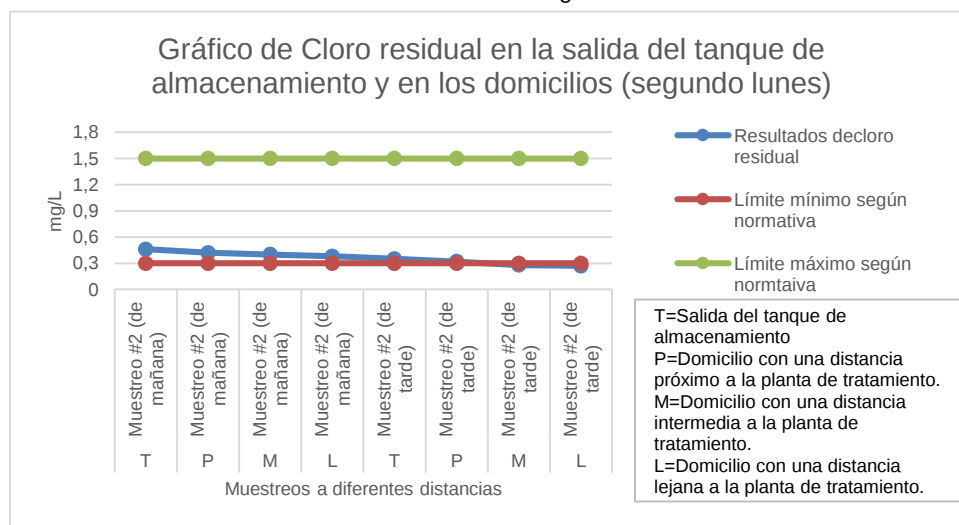
Gráfico 9. Resultados de los análisis de Cloro libre residual en tanque de almacenamiento y diferentes domicilios en el primer lunes.



Fuente: Autor.

El resultado del cloro libre residual evaluado a la salida del tanque de almacenamiento y en domicilios con distancias diferentes en el primer lunes, se identifica una disminución en su concentración desde el tanque de almacenamiento evaluado en la mañana (9 am) hasta el último punto o domicilio evaluado en la tarde (6 pm). Los valores registrados se mantienen en el rango establecido del cloro residual indicado en la Normativa INEN 1108 2020.

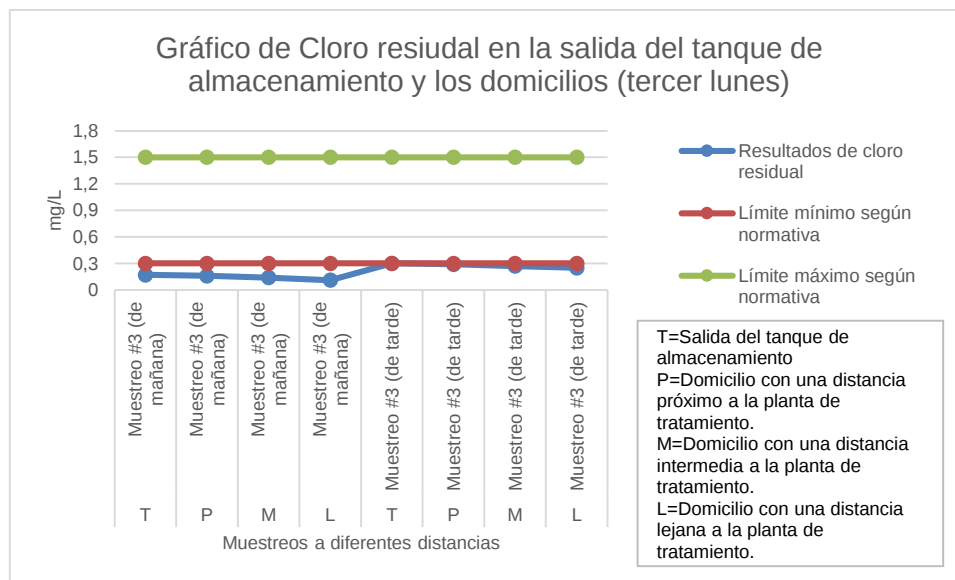
Gráfico 10. Resultados de los análisis de Cloro libre residual en tanque de almacenamiento y diferentes domicilios en el segundo lunes.



Fuente: Autor.

El resultado del cloro libre residual evaluado a la salida del tanque de almacenamiento y en domicilios con distancias diferentes del segundo lunes, identifica una disminución en su concentración. En la mañana se mantienen dentro del rango, pero se identifica que las concentraciones en los dos últimos domicilios evaluados en la tarde se encuentran por debajo del límite establecido en Normativa INEN 1108 2020 mencionadas anteriormente.

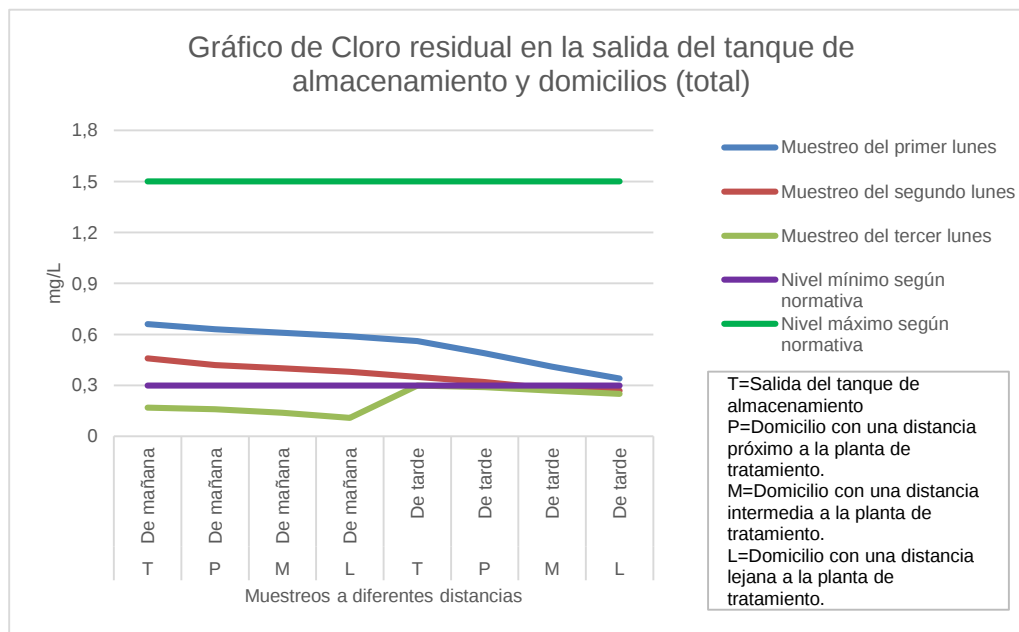
Gráfico 11. Resultados de los análisis de Cloro libre residual en tanque de almacenamiento y diferentes domicilios en el tercer lunes.



Fuente: Autor.

Los resultados presentados del último lunes de muestreo demuestran que las concentraciones de cloro se encuentran fuera del rango, en la mañana se presentan concentraciones bajas, en la tarde estas concentraciones tienden a subir originando valores que no cumplen con la Normativa respectiva INEN 1108 2020. Estas variaciones son ocasionadas por errores en la dosificación relacionados con el tiempo y la cantidad del desinfectante utilizado ocasionando problemas en la cloración del agua.

Gráfico 12. Resultados totales de los análisis de Cloro libre residual en tanque de almacenamiento y diferentes domicilios.

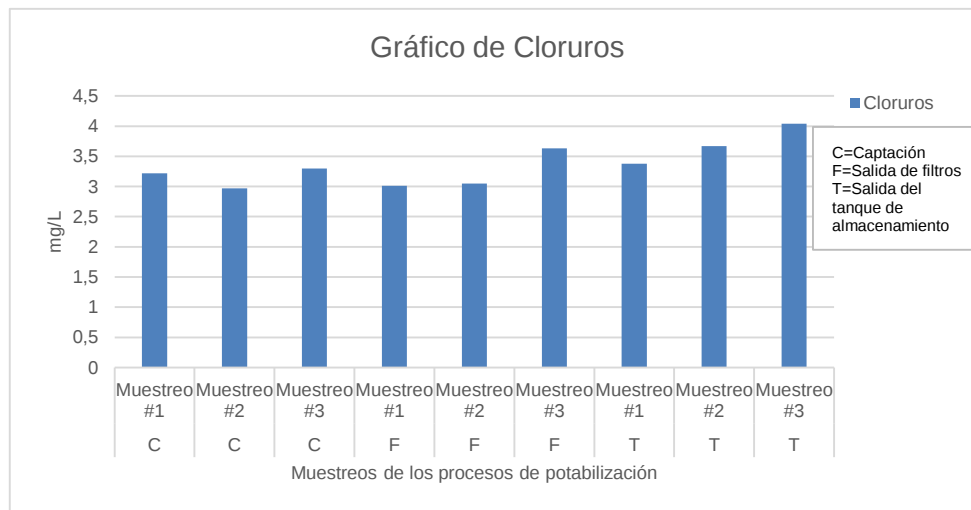


Fuente: Autor.

En los tres lunes consecutivos de muestreo, se evidencia que la concentración tiende a disminuir desde el tanque de almacenamiento hasta el último punto en el domicilio más lejano. Se distingue que en el primer lunes el cloro residual se mantiene dentro del rango establecido a diferencia del segundo y tercer lunes que presentan concentraciones más bajas e incluso por fuera del rango de la Normativa mencionada de este parámetro evaluado. Los resultados presentan variaciones atribuidas a las dosificaciones inadecuadas de hipoclorito de calcio (granulado) realizada manualmente y en tiempos diferentes impidiendo la adecuada eliminación de los microorganismos patógenos que alteren la salud de los consumidores.

4.3.4 Análisis del parámetro Cloruros

Gráfico 13. Resultados de los análisis de Cloruros.



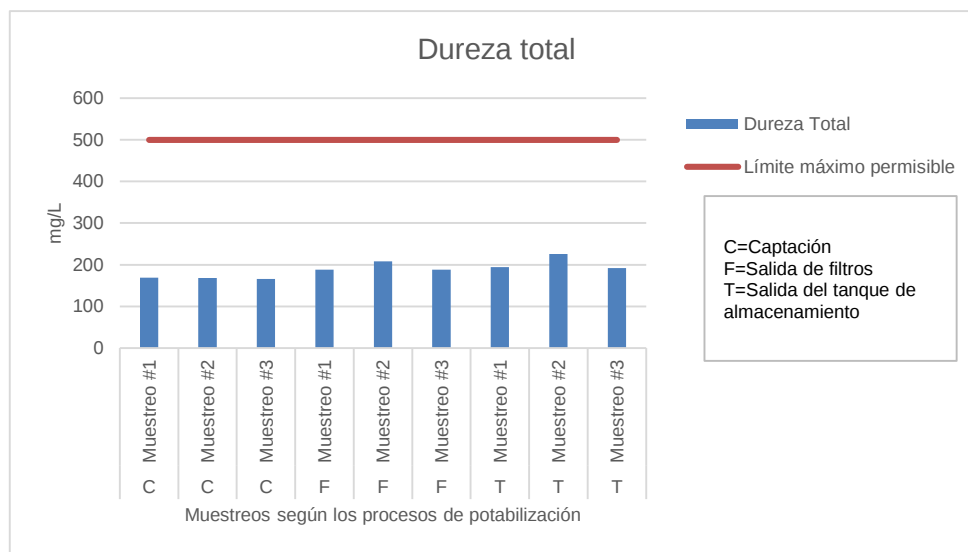
Fuente: Autor.

El análisis del parámetro de cloruros indica que se obtienen valores por debajo del límite de 250 mg/L indicado en el TULSMA, se distingue una mayor concentración en el tercer análisis de cada etapa de potabilización, sin embargo, se mantienen dentro del límite máximo mencionado.

El estudio “*Estudio comparativo y estadístico de la calidad del agua potable en las redes de distribución de la parroquia Guapán del cantón Azogues-2013*”, realizado por Daniela Gutiérrez y María Torres, concluye a través de sus resultados que se obtienen valores bajos de este parámetro en las etapas analizadas, de esta manera se concuerda con dicha investigación ya que en este estudio se presenta resultados en los cuales ningún valor excede el límite máximo, los cloruros ingresan al agua en forma natural a través de las agua lluvias. Una concentración superior al límite establecido es la responsable de originar un sabor salado al agua y afectar estructuras metálicas (García et al., 2012).

4.3.5 Análisis del parámetro Dureza total

Gráfico 14. Resultados de los análisis de Dureza total.



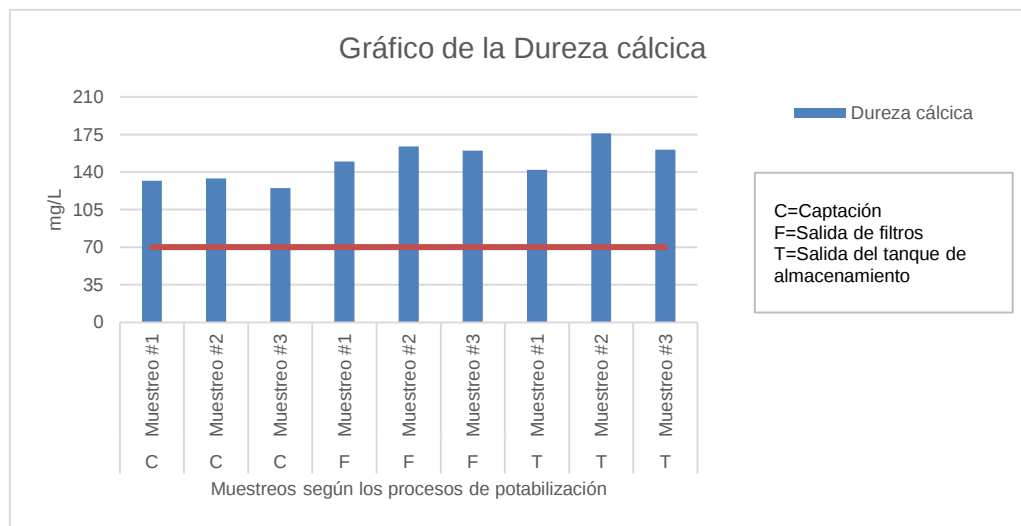
Fuente: Autor.

Según los resultados del parámetro dureza total, se encuentran por debajo del límite establecido en el TULSMA que especifica un valor máximo permisible de 500 mg/L de CaCO_3 de este parámetro, los valores registrados se encuentran excediendo los 121 mg/L de CaCO_3 y según la Organización mundial de la salud, se encuentran dentro de una clasificación correspondiente a un agua de tipo “Dura”, sin embargo, este parámetro se encuentra dentro del límite máximo mencionado.

El estudio “*Evaluación de la calidad de agua tratada de los sectores General Vintimilla y Señor de Flores, de la parroquia Bayas del cantón Azogues-2017*”, realizado por Erick Flores y Miriam Machuca, indica en conclusiones a través de los resultados que la dureza total en el proceso de potabilización, corresponde a tipo de agua suave o blanda, de esta manera que al comparar con los resultados de este trabajo, los resultados no concuerdan ya que se obtiene valores promedio de dureza correspondiente a un agua de tipo dura, los mismos que son ocasionados por las condiciones geográficas del sector que influye con altos contenidos de calcio y magnesio en el parámetro dureza total.

4.3.6 Análisis del parámetro Dureza cálcica

Gráfico 15. Resultados de los análisis de Dureza cálcica.



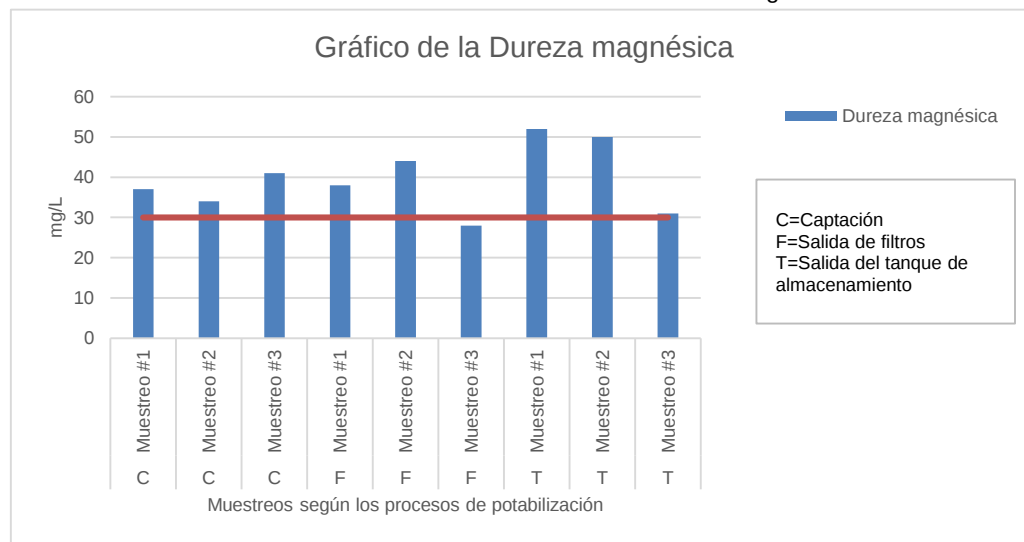
Fuente: Autor.

Este parámetro no está especificado dentro de los requisitos de la Normativa Nacional INEN 1108 o el TULSMA, sin embargo, si se compara con Normativas internacionales como la OMS el valor recomendado de calcio es de 70 mg/L y los valores obtenidos de dureza cálcica superan el límite establecido ya que se encuentran dentro en un rango desde los 125 mg/L hasta los 176 mg/L como Carbonato de Calcio, este incremento es originado por la disolución de rocas y minerales propias del terreno que contribuyen a las altas concentraciones de calcio en el agua.

El estudio *“Evaluación de los biofiltros de arena mediante el análisis de la calidad del agua en comunidades de la parroquia El Progreso, cantón Nabón-2015”* realizado por Diana Morales y María Moscoso, indica que el porcentaje de dureza cálcica en el agua a la entrada y salida de la planta potabilizadora se clasifica como agua blanda (según la OMS) ya que se mantienen por debajo del límite permisible. Al comparar con los resultados de este trabajo, se demuestran que los mismos no concuerdan, ya que no existe una disminución de la dureza cálcica en las etapas evaluadas y los valores se presentan superando al límite máximo establecido, como consecuencia del recorrido del agua a través de terrenos calcáreos.

4.3.7 Análisis del parámetro Dureza magnésica

Gráfico 16. Resultados de los análisis de Dureza magnésica.



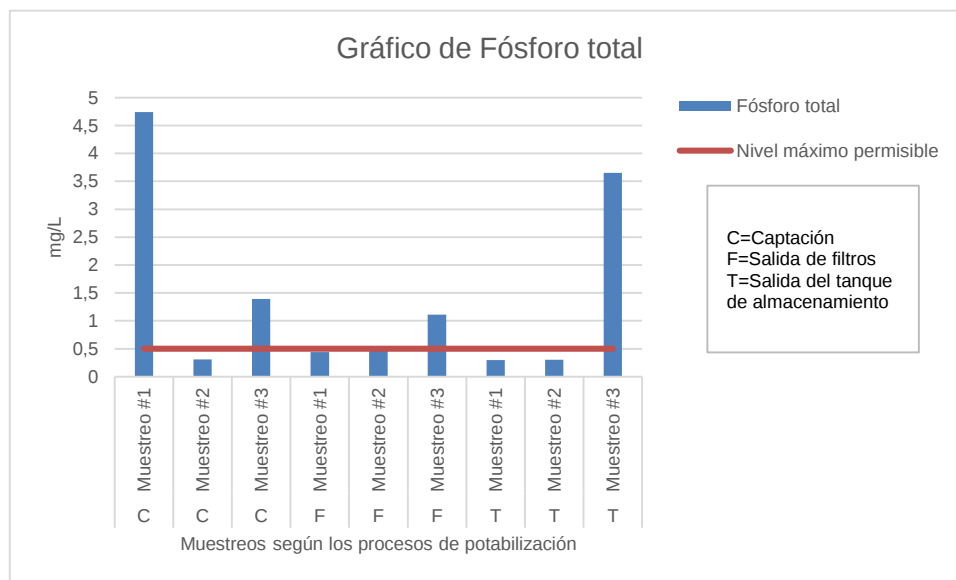
Fuente: Autor.

Los valores obtenidos del parámetro dureza magnésica tienen variaciones en los procesos de potabilización ocasionadas por las diferentes condiciones climáticas, estos resultados están en concentraciones menores a la dureza cálcica, sin embargo, al referenciar con Normativas internacionales como la OMS el valor recomendado de magnesio es de 30 mg/L, obteniendo resultados mayores en las etapas evaluadas debido a las formaciones geológicas atravesadas por el agua, previa a su captación y pertenecientes al sector en donde se ubica la planta potabilizadora lo que contribuye a la presencia de magnesio en el agua.

El estudio *“Evaluación de los biofiltros de arena mediante el análisis de la calidad del agua en comunidades de la parroquia El Progreso, cantón Nabón-2015”* realizado por Diana Morales y María Moscoso, indica en conclusiones mediante los resultados que la concentración de la dureza magnésica en el agua, en etapas como la entrada y la salida de la planta potabilizadora es clasificada como agua blanda (según la OMS), presentando un incremento en la época invernal, sin embargo, se mantienen por debajo del límite permisible. De esta manera al comparar con los resultados de esta investigación, no existe concordancia, ya que los valores de la dureza magnésica en las etapas analizadas se presentan superando al límite máximo respectivo, este parámetro se presenta de manera natural en el agua y su concentración depende de la cantidad de sales de composición del terreno mediante el cual circula el agua previa a su potabilización.

4.3.8 Análisis del parámetro Fósforo total

Gráfico 17. Resultados de los análisis de Fósforo total.



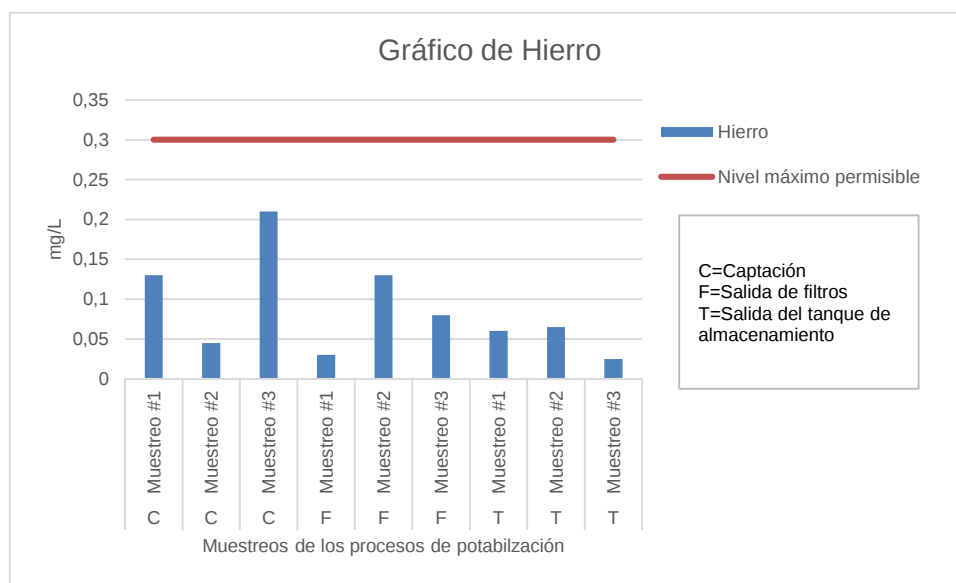
Fuente: Autor.

Se distinguen variaciones significativas de este parámetro en los resultados número uno de la captación y en el muestreo número tres de las mismas etapas evaluadas, a diferencia de los demás análisis. Este parámetro no está dentro de la INEN 1108 2020 o especificado en el TULSMA, de manera que al comparar con estándares europeos e internacionales basados en la OMS o la EPA, indican que la concentración de fósforo total para el agua debe ser inferior a 0.5 mg/l, se distingue que los muestreos mencionados sobrepasan este valor mencionado.

El estudio “*Evaluación de la calidad del agua en la quebrada El Salado mediante la aplicación del índice de calidad de agua (NSF) en la parroquia El Valle, cantón Cuenca-2020*”, realizado por José Espinoza, concluye mediante resultados que se obtienen valores atípicos de los resultados de este parámetro, de manera que al comparar con este estudio los resultados concuerdan ya que también se presentan valores por encima del límite máximo mencionado en el párrafo anterior para ambos estudios, estas variaciones son ocasionadas por la escorrentía de aguas agrícolas o domésticas, utilización de fertilizantes de diferente origen y diferentes concentraciones de fósforo asociadas con variaciones climatológicas durante el muestreo (Reijnders, 2014).

4.3.9 Análisis del parámetro Hierro

Gráfico 18. Resultados de los análisis de Hierro.



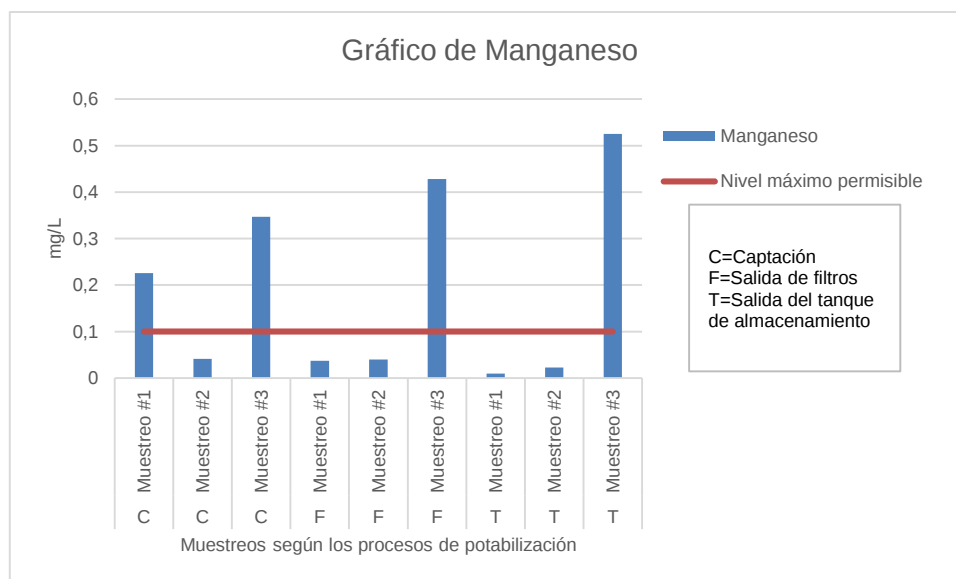
Fuente: Autor.

Los análisis del parámetro hierro indican resultados menores al límite establecido en el documento del TULSMA mismo que indica un valor máximo de 0,3 mg/L. En los análisis se identifica que se obtuvo mayores valores de este parámetro en el muestreo número tres de la captación, con un máximo de 0,21 mg/L. Las variaciones presentadas en los muestreos se pueden atribuir a una falta de mantenimiento de las unidades de potabilización evaluadas. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS,2011) en concentraciones superiores a 0,3 mg/L altera el sabor y color del agua. Los niveles obtenidos de este parámetro no representan un riesgo para los consumidores.

El estudio *“Determinación de hierro y manganeso a nivel de las redes de distribución y en agua procedente de las captaciones de la planta de agua potable EMAPAL (Uchupucún, Azogues)-2017”* realizado por Sonia Guamán y Daysi Méndez, mediante resultados se concluye que existen valores que sobrepasan el límite establecido de hierro mencionado en la Normativa anterior en las etapas de potabilización analizadas, mientras que en este estudio los valores de el parámetro evaluado se mantienen inferiores al límite máximo. El hierro en el agua se presenta en forma natural y sus valores altos son atribuidos a la época invernal o falta de mantenimiento de las unidades evaluadas.

4.3.10 Análisis del parámetro Manganeseo

Gráfico 19. Resultados de los análisis de Manganeseo.



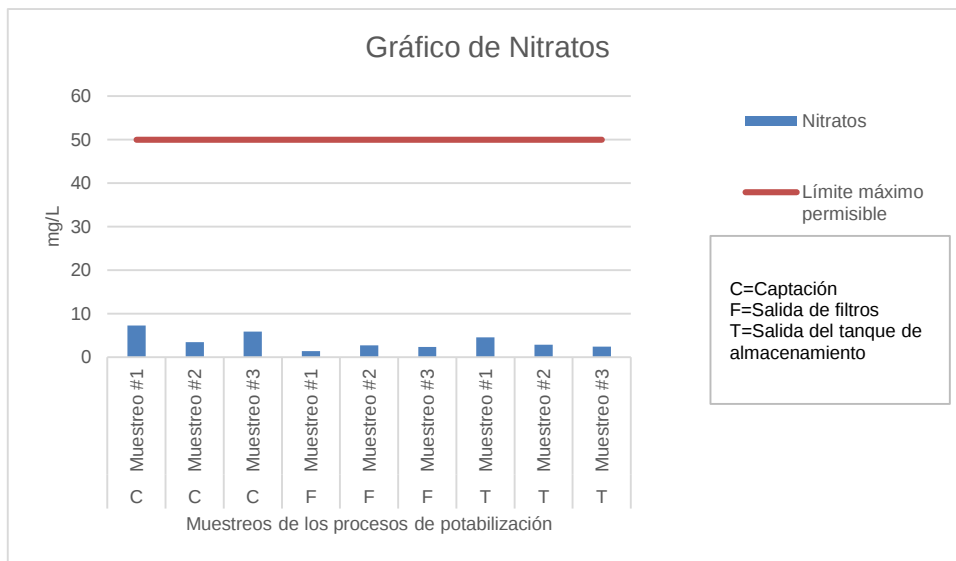
Fuente: Autor.

Los resultados del parámetro manganeso indican variaciones significativas en el muestreo número uno, correspondiente a la captación y a partir del muestreo número tres en las etapas de potabilización analizadas, estas alteraciones son ocasionadas por las formaciones geológicas y micronutrientes del terreno, también por las condiciones de clima lluvioso presentadas en días anteriores al muestreo, contribuyendo a que la filtración por el suelo transporte estos materiales hacia el agua subterránea. En estos resultados presentan variaciones con el límite establecido en la Normativa Nacional TULSMA donde indica 0,1 mg/L del parámetro manganeso.

El estudio “*Determinación de hierro y manganeso a nivel de las redes de distribución y en agua procedente de las captaciones de la planta de agua potable EMAPAL (Uchupucún, Azogues)-2017*” realizado por Sonia Guamán y Daysi Méndez, concluye mediante resultados que se presentan valores que sobrepasan el límite respectivo en las etapas de potabilización evaluadas. Al comprar con los resultados de este trabajo se concuerda que también existe resultados superiores al establecido en la Normativa Nacional mencionada, sin embargo, estas variaciones son atribuidas a la presencia de lluvias durante los análisis realizados.

4.3.11 Análisis del parámetro Nitratos

Gráfico 20. Resultados de los análisis de Nitratos.



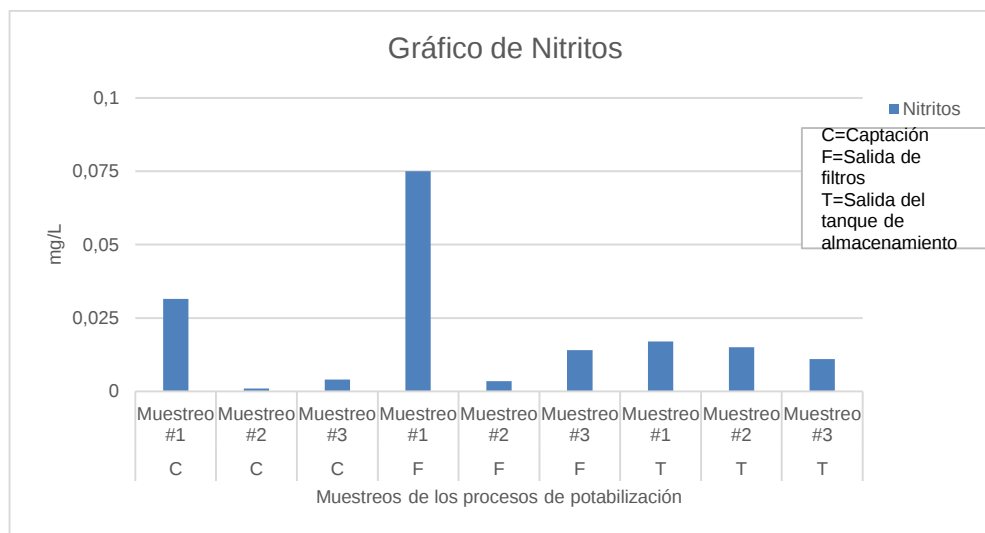
Fuente: Autor.

El resultado en conjunto de los análisis realizados para el parámetro nitratos demuestran resultados menores al límite establecido en la Normativa Nacional INEN 1108 2020 en la que se indica un valor máximo de 50 mg/L. Son valores bajos en comparación con el límite máximo mencionado e indica que no existe una contaminación proveniente de actividades agrícolas o ganaderas por los usos excesivos de fertilizantes, o cercanías a aguas residuales que influyan o incrementen estos valores.

El estudio *“Evaluación de la calidad del agua en la quebrada El Salado mediante la aplicación del índice de calidad de agua (NSF) en la parroquia El Valle, cantón Cuenca-2020”*, realizado por José Espinoza, concluye que se obtienen valores bajos de este parámetro en la evaluación realizada y al comparar con los resultados de este trabajo se demuestra que existe concordancia entre los valores obtenidos, de esta manera en los dos estudios no se evidencia la contaminación de los agroquímicos utilizados para mejorar la producción agrícola y contribuya a la concentración de este parámetro.

4.3.12 Análisis del parámetro Nitritos

Gráfico 21. Resultados de los análisis de Nitritos.



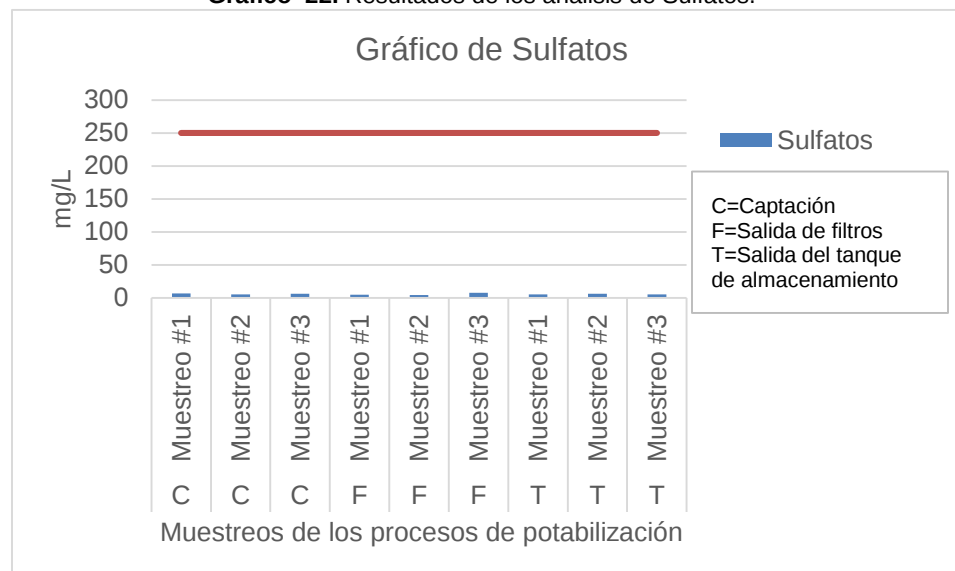
Fuente: Autor.

Los resultados del parámetro nitritos se encuentran dentro del límite máximo establecido en la Normativa Nacional INEN 1108 2020 en la que se indica un valor máximo de 3 mg/L, se identifica un valor mayor en el análisis número uno de cada etapa de potabilización, pero no sobrepasa el límite mencionado, el agua de consumo no posee contaminación de residuos animales o uso excesivo de fertilizantes que alteren y contribuyan significativamente el valor de los nitritos.

El estudio “*Evaluación de la calidad de agua tratada de los sectores General Vintimilla y Señor de Flores, de la parroquia Bayas del cantón Azogues-2017*”, realizado por Erick Flores y Miriam Machuca, concluye que mediante el análisis realizado en las etapas evaluadas se obtienen valores promedio de este parámetro que cuales cumplen con el límite máximo mencionado en el párrafo anterior. Al comparar con los resultados de este trabajo se demuestra que existe concordancia entre los valores obtenidos, ya que ningún valor no excede el límite permitido.

4.3.13 Análisis del parámetro Sulfatos

Gráfico 22. Resultados de los análisis de Sulfatos.



Fuente: Autor.

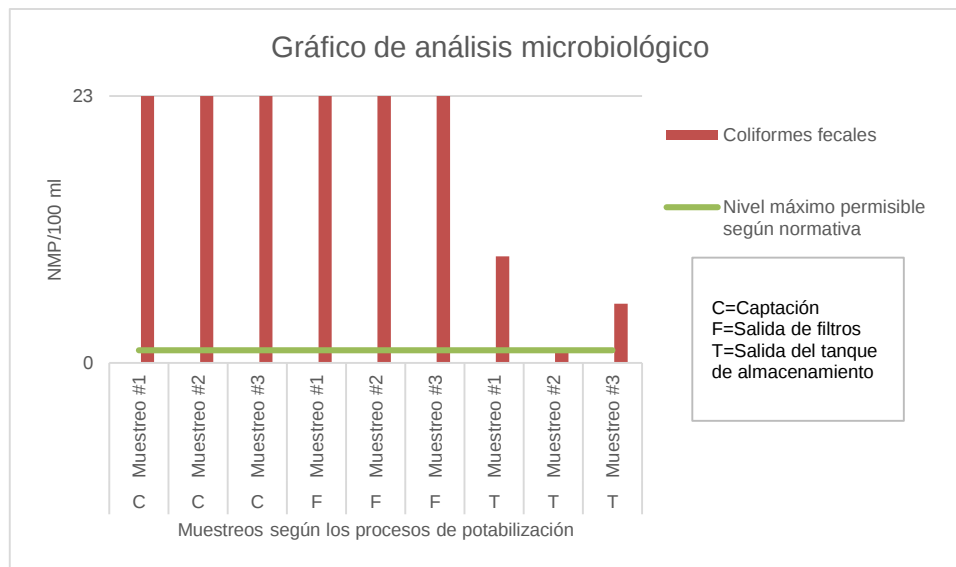
Los resultados del parámetro sulfatos son inferiores al límite establecido en el documento de referencia TULSMA que indica un valor máximo de 250 mg/L. En concentraciones altas los sulfatos son responsables de efectos laxantes sobre la salud de los consumidores o corrosión en las tuberías. Al encontrarse en niveles inferiores comparado al valor máximo según la Normativa pertinente de este parámetro, no representa un riesgo significativo para los consumidores.

El estudio *“Evaluación de la calidad de agua tratada de los sectores General Vintimilla y Señor de Flores, de la parroquia Bayas del cantón Azogues-2017”*, realizado por Erick Flores y Miriam Machuca, demuestra mediante el análisis de los resultados que se obtienen valores promedio en las etapas de potabilización que cumplen con la Normativa mencionada, de esta manera al comparar con este estudio se identifica que existe concordancia entre los valores obtenidos ya que en las dos investigaciones los valores se encuentran menores al límite superior .

4.4 Discusión de resultados de parámetros microbiológicos

4.4.1 Análisis de Coliformes fecales.

Gráfico 23. Resultados de los análisis de Coliformes fecales.



Fuente: Autor.

Según el análisis microbiológico para el parámetro Coliformes fecales, existen resultados que superan al límite de la Normativa Nacional INEN 1108 2020, estos valores son correspondientes a las etapas de la captación y la salida de la filtración, identificando la presencia de Coliformes fecales en estos procesos evaluados. El tanque de almacenamiento demuestra que en las pruebas microbiológicas uno y tres existe una disminución del valor de este parámetro microbiológico con respecto a las demás etapas, a excepción del prueba número dos, la cual identifica que no existe contaminación microbiana, ya que la presencia de este parámetro microbiológico está relacionada directamente con la dosificación del hipoclorito de calcio realizado en la etapa de la cloración, antes del almacenamiento y la variación de los resultados de Coliformes fecales en esta última etapa se atribuyen a la inadecuada dosificación del desinfectante.

El estudio *“Evaluación de la calidad del agua en la quebrada El Salado mediante la aplicación del índice de calidad de agua (NSF) en la parroquia El Valle, cantón Cuenca-2020”*, realizado por José Espinoza, demuestra mediante los análisis que los resultados obtenidos del estudio se encuentran por encima del límite que establece la respectiva Normativa Nacional mencionada, de esta manera al comparar con los resultados de esta investigación se demuestra que existe concordancia entre los mismos, pues se identifica la existencia de Coliformes fecales en el agua debido al contacto del recurso hídrico con materia fecal producto de actividades ganaderas en los predios del curso de agua, obteniendo valores altos en las etapas previas a la desinfección, concuerda también que

no existe una disminución de los valores obtenidos en función del tiempo con respecto a este parámetro en las etapas de la captación y salida de filtración.

4.5 Dosificación de cloración por goteo

4.5.1 Funcionamiento

La solución clorada o solución madre se prepara en un volumen conocido, con hipoclorito de calcio al 60% o al 70%, con la finalidad de que la solución sea añadida en formas de gotas o de chorro en la cámara de cloración.

4.5.2 Determinación de la dosis óptima de hipoclorito de calcio

Se determina la masa de hipoclorito de calcio a utilizar según el caudal que ingresa a la etapa de cloración proveniente del sistema de filtración, mediante la siguiente fórmula de masa del soluto:

$$m \text{ Ca (ClO)}_2 = \frac{\text{Conc. Ca (ClO)}_2 * Q_m * 86400}{\% \text{ Ca (ClO)}_2}$$

Ecuación 1. Determinación de la masa de hipoclorito de calcio para un día.

Fuente: (Carreño et al., 2020).

Donde:

$m \text{ Ca (ClO)}_2$ = Masa del hipoclorito de calcio

Conc. Ca (ClO)_2 = Concentración del hipoclorito de calcio

Q_m = Caudal medido de ingreso a la etapa de cloración

86400 = Tiempo en segundos de un día.

$\% \text{ Ca (ClO)}_2$ = Concentración comercial del hipoclorito de calcio

Datos de la planta Quillosa Malapamaba

$\text{Conc. Ca (ClO)}_2 = 1 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$ valor constante

$Q_m = 1.65 \frac{\text{L}}{\text{s}} = 142560 \frac{\text{L}}{\text{día}}$

$\% \text{ Ca (ClO)}_2 = 65 \%$

$$m \text{ Ca (ClO)}_2 = \frac{1 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * 1.65 \frac{\text{L}}{\text{s}} * 86400}{0.65}$$

$$m \text{ Ca (ClO)}_2 = 219323.07 \frac{\text{mg}}{\text{día}} = 219.32 \frac{\text{g}}{\text{día}}$$

4.5.3 Determinación de la concentración óptima de hipoclorito de calcio

Se determina la concentración óptima del hipoclorito de calcio para el caudal que ingresa a la etapa de cloración, se calculó con la siguiente fórmula de soluto en solvente:

$$n \text{ Ca (ClO)}_2 = \frac{m \text{ Ca (ClO)}_2}{V \text{ H}_2\text{O}}$$

Ecuación 2. Concentración de hipoclorito de calcio en cada litro de solvente.

Fuente: (Cova, 2018).

$n \text{ Ca (ClO)}_2$ = Concentración de hipoclorito de calcio por litro de solvente

$m \text{ Ca (ClO)}_2$ = Masa del hipoclorito de calcio

$V \text{ H}_2\text{O}$ = Volumen del tanque de cloración

Datos de la planta Quillosa Malapamaba

$$m \text{ Ca (ClO)}_2 = 219.32 \frac{\text{g}}{\text{día}}$$

$$V \text{ H}_2\text{O} = 500 \text{ L}$$

$$n \text{ Ca (ClO)}_2 = \frac{219.32 \frac{\text{g}}{\text{día}}}{500 \text{ L}}$$

$$n \text{ Ca (ClO)}_2 = 0,44 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

4.5.4 Determinación del caudal óptimo del desinfectante en la cloración

Se determina el valor del caudal de la etapa de desinfección, añadido al caudal proveniente del sistema de filtración, según el volumen de disolución de desinfectante (tanque de almacenamiento de plástico) y el tiempo que debe ser adicionado al proceso de tratamiento, con fórmula del flujo volumétrico del caudal:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Ecuación 3. Determinación del caudal volumétrico del desinfectante.

Fuente: (González & Ramírez, 2014).

Donde:

Q = Caudal volumétrico

V = Volmen (Tanque de almacenamiento de 500 L)

t = Tiempo (1día = 24 h)

$$Q = \frac{500 \text{ L}}{24 \text{ h}} = 20,83 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

Comparación de los valores promedios con el límite máximo permisible

TABLA 11. Valores promedio según el parámetro analizado

	Parámetros	Unidad	Valor promedio	Límite máximo	Cumple Si/No
Físicos	Color	U.C. Pt-Co	10,66	15 ^a	Si
	Conductividad	μS/cm	426,55	1000 ^c	Si
	pH	Unidades de pH	7,91	6,5-8 ^a	Si
	Solidos Suspendidos	mg/L	1,66	500 ^b	Si
	Temperatura	°C	21,88	±3 ^b	Si
	Turbiedad	NTU	4,83	5 ^a	Si
Químicos	Alcalinidad	mg/L	209,66	250 ^c	Si
	Cloro Domicilios	mg/L	0,36	0,3-1,5 ^a	Si
	Cloruros	mg/L	3,36	250 ^b	Si
	Dureza Total	mg/L	192,11	500 ^b	Si
	Dureza Cálcica	mg/L	149,33	70 ^a	No
	Dureza Magnésica	mg/L	39,44	30 ^a	No
	Fósforo Total	mg/L	1,41	0,5 ^c	No
	Hierro	mg/L	0,0861	0,3 ^b	Si
	Manganeso	mg/L	0,18	0,1 ^b	No
	Nitratos	mg/L	3,68	50 ^a	Si
	Nitritos	mg/L	0,0191	3 ^a	Si
	Sulfatos	mg/L	5,49	250 ^b	Si

Microbiológicos	Coliformes fecales (E. coli)	Número/100 ml		Ausencia ^{a +}	No
^a Comparación de límite máximo permitido con la Normativa ecuatoriana INEN 1108. ^b Comparación de límite máximo permitido con la Normativa ecuatoriana TULSMA. ^c Comparación de límite máximo permitido con Normativas de estándares internacionales de referencia. (OMS, OPS, UE, EPA) ⁺ Significa que en el análisis del número más probable (NMP) existen resultados positivos para E. coli					

Fuente: Autor.

Al comparar el valor promedio de los parámetros físicos, estos se encuentran dentro de la Normativa aplicada para cada análisis, a excepción de determinados parámetros químicos y microbiológicos que no cumplen con el límite máximo permitido. De esta manera, dentro del análisis químico, en el caso de la dureza cálcica y dureza magnésica, se demostró en los resultados (ver gráfica 15 y gráfica 16) que en las etapas evaluadas se encuentran por encima del límite máximo establecido. En el caso de los resultados del fósforo total y del manganeso, se concluye mediante los análisis que sus valores se ven afectados por la época invernal y la falta de mantenimiento de las unidades de potabilización, ocasionando un incremento de la concentración de estos parámetros químicos evaluados, sin embargo, la mayoría de resultados se encuentran dentro del límite máximo. (Gráfica 17 y gráfica 19)

En el caso de los resultados de coliformes fecales se identifica que están fuera de Normativa en las etapas previas a la desinfección, de esta forma, en los análisis microbiológicos realizados a la captación y la salida del sistema de la filtración lenta de arena, se identificó que el 100% de las muestras resultaron positivas para E. coli, debido a las actividades agrícolas y ganaderas en la zona alta con respecto a la planta potabilizadora.

Mientras que, para las muestras de agua analizadas a la salida del tanque de almacenamiento y después de la desinfección, se identificó que el 33.33% resultaron positivas para E. coli, estas positivities en los resultados son atribuidos a una inadecuada desinfección en la etapa de cloración ya que este procedimiento es realizado manualmente y en tiempos diferentes. (Gráfico 23)

4.6 Recomendaciones técnicas para mejorar el tratamiento del agua

Las recomendaciones técnicas mencionadas a continuación se realizarán con el propósito de mejorar el tratamiento de agua potable y proveer a los consumidores el líquido vital en

condiciones aptas para el ser humano. Estas especificaciones técnicas para la planta de tratamiento Quillosa Malapamba son propias para un adecuado control en el proceso de la cloración, reducción de la dureza cálcica y de la dureza magnésica, parámetros que según los resultados se encuentran fuera de los rangos especificados según Normativas respectivas.

Con la finalidad de mejorar el tratamiento del agua, se estableció como objetivo proponer alternativas para mejorar los parámetros que se encuentre fuera de las Normativas. Para lo cual se proponen dos opciones de mejora aplicados específicamente en cada parámetro, estas alternativas son: un equipo ablandador del agua y un equipo de desinfección automática, estas propuestas son presentadas con bases en los resultados de los análisis del agua potable.

Según los resultados obtenidos y presentados en los anexos, se determina que el problema principal es la dureza cálcica y la dureza magnésica, la misma que ocasiona consecuencias como corrosión e incrustaciones en las tuberías o sus redes de distribución. Otro de los resultados que presenta problemas es el nivel microbiológico del agua por la presencia de Coliformes fecales, debido a un inadecuado sistema de dosificación del desinfectante.

Con la finalidad de realizar los respectivos cambios de manera eficiente en el tratamiento de agua de la planta potabilizadora Quillosa Malapamba se propone cambiar la dosificación del desinfectante con el generador de hipoclorito de sodio in situ, ya que a través de este proceso de desinfección automatizado en función del caudal de ingreso a la etapa de cloración, permite el reemplazo de la manera empírica de la dosificación del hipoclorito de calcio y se evita que el operador tenga el contacto directo con el químico utilizado.

- **Hipoclorito de sodio In situ**

Se origina el hipoclorito de sodio mediante el uso de la sal común y su respectiva electrólisis, que permite la circulación del cloruro de sodio entre los electrodos permitiendo la formación del hipoclorito de sodio.

Según la descripción proporcionada por la empresa CLORID S.A. el equipo CLORID L-60 es recomendado para tratar 250000 litros de agua/día y tiene una capacidad de producción diaria de 750 g/día de hipoclorito de sodio con una concentración 12.5 g/L de cloro producido, con lo cual cubre la demanda de la planta ya que según los cálculos del numeral

4.5 la planta opera con un caudal promedio de ingreso a la etapa de desinfección de 142560 litros de agua/día y el cloro granulado tiene una concentración diaria de 219.32 g/día de cloro y 0.44 g/L de cloro.

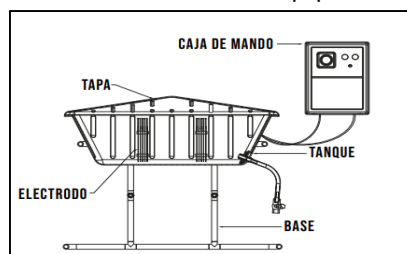
Se recomienda utilizar este equipo con una instalación de corriente eléctrica ya que presenta facilidades por su instalación, costos, operación y mantenimiento.

TABLA 12. Ficha técnica del equipo clorador L-60

Ficha técnica	
Capacidad de producción	60 litros=750 g/día
Concentración	12.5 g/litro
Temperatura máxima	45°C
Calidad de sal	sal común
Consumo de sal teórico	2 kg de sal
Espacio físico	0.6m*1m alrededor del equipo
Tiempo de producción	24 horas
Fuente de alimentación	
Salida	5.2 VDC / 30 Amperios.
Consumo	200 W/h
Entrada	120 VAC/1.5 Amperios
Mantenimiento	cada 30 días
Costo: \$2228 más IVA	

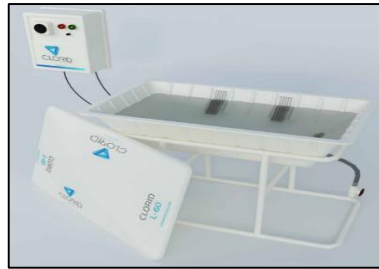
Fuente: CLORID S.A

Imagen 10. Estructura interna del equipo CLORID L-60



Fuente: CLORID S.A.

Imagen 11. Equipo CLORID L-60



Fuente: CLORID S.A.

- **Ablandador de agua**

En la propuesta del sistema ablandador de agua para la planta de agua potable Quillosisa Malapamba, al seleccionar el tipo de ablandador se acudió a empresas expertas en tratamiento de agua con una amplia experiencia en el mejoramiento de la calidad del agua de los sistemas rurales, mediante quienes se facilitó la información y cotización de los sistemas de ablandamiento y desinfección del agua. Para el proceso de ablandamiento de agua se recomienda un ablandador de resina catiónica para eliminar los iones de calcio y de magnesio, el cual funciona según el caudal de ingreso a la planta potabilizadora y la respectiva dureza.

TABLA 13. Ficha técnica del ablandador recomendado

Ficha técnica
Tanque en fibra de vidrio compuesta (5 años de garantía)
Capacidad: 3.20 L/s
Rendimiento:10m ³ /h 44gpm
Cabezal Automático con programador digital multifunción para regeneración.
Resina de intercambio catiónico
Controlador de retro lavado de 5 ciclos.
Tanque y válvula de salmuera
Presión de operación:20psi-125 psi
Voltaje:120 VAC
Entrada/salida 2"
Altura: 1,80 m
Temperatura: 4-43°C
Válvula automática
Regeneración: cada 28 días
Resina: Tipo estándar
Válvula automática de ablandador_: hasta 100 gpm

Tanque de salmuera kit de succión de sal
Costo: \$7600 más IVA
Fuente: PURELIFE

Imagen 12. Componentes del ablandador de agua



Fuente: PURELIFE

Imagen 13. Ablandador de agua



Fuente: PURELIFE

En la selección de los equipos se solicitó la opinión técnica de empresas como CLORID y PURELIFE, a través de sus especialistas con experiencia en plantas potabilizadoras de agua con problemas similares en varios sectores rurales y en el cantón Santa Isabel. La selección de estos equipos se realizó de acuerdo con el caudal a tratar que ingresa en la planta, así como también la marca y las propiedades del equipo seleccionado, con las recomendaciones técnicas respectivas facilitadas por las respectivas empresas respectivas para la planta de agua potable Quillosisa-Malapamba perteneciente al mismo cantón.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Mediante el análisis de los resultados de los laboratorios respectivos y resultados in situ, se estableció las relaciones entre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua, con el funcionamiento de las etapas de potabilización evaluadas del recurso hídrico como la captación del agua cruda al interior de la planta, la salida del sistema de filtración lenta, la salida del tanque de almacenamiento y la distribución en los hogares abastecidos con el agua, determinando que el cloro residual, la dureza cálcica y la dureza magnésica presentan los principales inconvenientes que afectan al proceso de potabilización por incumplimiento en los niveles máximos, estableciendo de este modo la valoración actual de esta planta potabilizadora mediante los análisis del agua realizados conforme los puntos seleccionados y la frecuencia en el tiempo establecido.

Con respecto al análisis físico los niveles de los parámetros evaluados se encuentran dentro de lo establecido en Normativas ecuatorianas como la INEN 1108:2020 y el documento de referencia TULSMA, sin embargo, se identifican variaciones altas en los análisis del pH y turbiedad, los mismos ocasionados por la época invernal previa a los análisis respectivos y la falta de mantenimientos de las unidades evaluadas. En relación al análisis químico se demostró que el parámetro del cloro residual presenta incumplimiento del rango establecido de la Normativa INEN 1108 2020, en el tanque de almacenamiento y a nivel domiciliario en el último análisis, esto se debe a errores cometidos en la dosificación del desinfectante, así mismo, dentro del análisis químico los parámetros de la dureza cálcica y la dureza magnésica se encuentran fuera de los límites máximos establecidos por estándares internacionales como la OMS, estos valores son atribuidos a la geología del terreno por donde circula el agua. En lo que respecta el análisis microbiológico se identificó la presencia de la E. coli, la misma que representa un riesgo en la salud a nivel gastrointestinal de los consumidores, se evidenció que en el primer y el tercer análisis realizados a la salida del tanque de almacenamiento y distribuidas a la población presentaban este contaminante microbiológico debido a una insuficiente dosificación del desinfectante en el agua.

Como alternativas técnicas para mejorar los parámetros que se encuentran fuera de los límites máximos como el cloro residual, la dureza cálcica y dureza magnésica, se plantea la instalación de un dosificador de cloro automático y un ablandador de agua potable , a

través de la instalación de estos equipos se propone mejorar el funcionamiento técnico y operativo de la planta de agua potable, en el sentido de obtener una mejor calidad de agua apta para el consumo humano, las implementaciones de estos equipos resultan necesarios por la existencia de microorganismos en el agua como la E. coli y altos índices de dureza cálcica y magnésica.

Se estableció un manual de mantenimiento preventivo dispuesto a conocimiento del personal de la planta de agua potable, el mismo que sirve de guía al operario, proporcionando de esta manera los conocimientos básicos para ejecutar las actividades correspondientes, con su respectiva frecuencia y materiales a utilizar en la operación y mantenimiento de cada unidad existente en la planta potabilizadora, a fin de obtener mejoras en el proceso de potabilización y abastecer a los consumidores de un líquido vital apto para el consumo humano.

5.2 Recomendaciones

Realizar un mantenimiento preventivo basado en las recomendaciones establecidas en el manual de mantenimiento, para que de esta forma la planta de tratamiento de agua potable funcione en mejores condiciones y brindar un servicio de calidad de agua.

Aplicar la respectiva dosis de cloro granulado a diario según la cantidad especificada.

Una adecuada inspección diaria o rutinaria a la planta de tratamiento, especialmente al sistema de dosificación del cloro, garantizará que el suministro y su concentración sean apropiados para tratar el agua.

Tomando en cuenta las alternativas propuestas y elaboradas en base a este estudio, su implementación permitirá mejorar la calidad del agua con la finalidad de que el líquido vital sea apto para el consumo humano.

Desarrollar en los operarios o trabajadores habilidades y conocimientos con respecto a la adecuada operación y mantenimiento de la planta potabilizadora, actuando de forma oportuna cuando el sistema lo requiera.

Bibliografía

Adam, W., & Bauder, J. (2017). *Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales*.

http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf

Apella, M., & Araujo, P. (2006). *Microbiología de agua*.

https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/02_Capitulo_02.pdf

Aucapiña, F., & Velasco, M. (2011). *Análisis físico-químico y microbiológico del sistema de agua de la Junta Administradora de Agua Potable de la parroquia Baños*

[Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2456>

Baque, R., Simba, L., González, B., Suatunce, P., Diaz, E., & Cadme, L. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. *Revista Ciencia Unemi*, 9(20), 109-117.

<https://www.redalyc.org/pdf/5826/582663826015.pdf>

Barrenechea, A. (2005). *ASPECTOS FISICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA*.

<http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>

Calderón, R., & Forero, S. (2013). *Implementación de un diseño piloto de bandejas de aireación para aguas, potencializado con microorganismos eficientes*.

<http://hdl.handle.net/10882/5015>

Camacho, I., & Harvey, J. (2020). *Nitratos en Agua Potable*.

<https://www.oregon.gov/deq/FilterDocs/NitrateSpanishVersion.pdf>

Camargo, A., & Camacho, J. (2019). Convivir con el agua. *Revista colombiana de antropología*, 55(1), 7-25. <https://doi.org/10.22380/2539472X.567>

Capote, T., Matute, S., & Rojas, J. (2015). Determinación de la dureza total en agua con EDTA empleando una solución amortiguadora inodora de borato. *Instituto Nacional de Higiene "Rafael Range"*, 46(1-2), 17-24. <http://ve.scielo.org/pdf/inhrr/v46n1-2/art03.pdf>

- Carreño, R., Montenegro, K., Mosquera, J., Robalino, J., & Pazmiño, E. (2020). *Guía de agua segura*. <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2020/12/Guia-Agua-Segura.pdf>
- Chulluncuy, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, 29, 153-170. <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428495008.pdf>
- Colmenares, M., & Mare, E. (2017). Remoción de iones cloruro presentes en efluentes utilizando hidrotalcitas como materiales adsorbentes. *Ingeniería UC*, 24(2), 204-217. <https://www.redalyc.org/pdf/707/70753474008.pdf>
- Cova, V. (2018). *Soluciones acuosas*. http://www.unl.edu.ar/ingreso/cursos/medicina/wp-content/uploads/sites/8/2017/10/Quimica_05.pdf
- Digiuni, S. (2021). *Determinación de alcalinidad total en agua*. <http://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/22662/Alcalinidad%20total.pdf?sequence=3>
- ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A. (2012). *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco*. <https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>
- EPA. (2021, febrero 24). *Información sobre la protección de las fuentes de agua* [Overviews and Factsheets]. US EPA. <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-sobre-la-proteccion-de-las-fuentes-de-agua>
- Espinoza, J. (2020). *Evaluación de la calidad del agua en la quebrada El Salado mediante la aplicación del índice de calidad de agua (NSF) en la parroquia El Valle, cantón Cuenca*. [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/34103>

Fernández, M., Moreno, O., & Pérez, J. (2001). Determinación de cloro residual. Método del DPD. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 1, 6-7.

<https://studylib.es/doc/5554674/determinaci%C3%B3n-de-cloro-residual.-m%C3%A9todo-del-dpd>.

Flores, E., & Machuca, M. (2017). “*Evaluación de la calidad de agua tratada de los sectores General Vintimilla y Señor de Flores, de la parroquia Bayas del cantón Azogues.*” [Universidad de Cuenca].

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/27100>

García, A., Apella, M., Alvarado, A., González, L., Antuna, Vázquez, E., Méndez, M., Escalante, M., & Benavides, A. (2012). *CLORUROS TOTALES EN EL AGUA DE ABASTECIMIENTO*.

<https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8825/1/cloruros-nov12.pdf>

García, D., & Melgar, G. (2011). *Validación del método espectrofotométrico (3500-Fe d) de la fenantrolina para determinación de hierro total en agua potable*. [Universidad de el Salvador]. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/492/1/10136844.pdf>

González, A., & Ramírez, J. (2014). *Medición del caudal*.

https://www.piraguacorantioquia.com.co/wp-content/uploads/2016/11/3.Manual_Medici%C3%B3n_de_Caudal.pdf

Guamán, S., & Méndez, D. (2017). *Determinación de hierro y manganeso a nivel de las redes de distribución y en agua procedente de las captaciones de la planta de agua potable EMAPAL (Uchupucún, Azogues)*. [Universidad de Cuenca].

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28395>

Gur, E., & Spuhler, D. (2020). *Red de distribución comunitaria*. <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/red-de-distribuci%C3%B3n-comunitaria>

Gutiérrez, D., & Torres, M. (2013). *“Estudio comparativo y estadístico de la calidad del agua potable en las redes de distribución de la parroquia Guapán del cantón Azogues”* [Universidad de Cuenca].

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4750>

HACH. (2000). *MANUAL DE ANALISIS DE AGUA* (Tercera edición).

Water%20Analysis%20Manual-Spanish-

Manual%20de%20Analisis%20de%20Agua%20(5).pdf

Higiene Ambiental. (2018, diciembre 24). *¿Qué nos dice la turbidez sobre la calidad del agua potable?* <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-del-agua-potable>

IDEAM. (2007). *Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría*.

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Dureza+total+en+agua+con+EDTA+por+volumetr%C3%ADa.pdf/44525f65-31ff-482e-bbf6-130f5f9ce7c3>

IDEAM. (2020). *Instructivo de ensayo. Determinación de fósforo total por digestión ácida. Método del ácido ascórbico SM 4500-P B, E*.

[http://sgi.ideam.gov.co/documents/412030/97658415/M-S-LC-](http://sgi.ideam.gov.co/documents/412030/97658415/M-S-LC-I002+INSTRUCTIVO+DE+ENSAYO.+DETERMINACI%C3%93N+F%C3%93SFORO+TOTAL+POR+DIGESTION+ACIDA%2C+M%C3%89TODO+DEL+%C3%81CIDO+ASC%C3%93RBICO+SM+4500-P+B%2C+E.+v2.pdf/dfd01ff8-d1e4-4f09-a01e-4becac6a2497?version=1.0)

[I002+INSTRUCTIVO+DE+ENSAYO.+DETERMINACI%C3%93N+F%C3%93SFORO+TOTAL+POR+DIGESTION+ACIDA%2C+M%C3%89TODO+DEL+%C3%81CIDO+ASC%C3%93RBICO+SM+4500-P+B%2C+E.+v2.pdf/dfd01ff8-d1e4-4f09-a01e-4becac6a2497?version=1.0](http://sgi.ideam.gov.co/documents/412030/97658415/M-S-LC-I002+INSTRUCTIVO+DE+ENSAYO.+DETERMINACI%C3%93N+F%C3%93SFORO+TOTAL+POR+DIGESTION+ACIDA%2C+M%C3%89TODO+DEL+%C3%81CIDO+ASC%C3%93RBICO+SM+4500-P+B%2C+E.+v2.pdf/dfd01ff8-d1e4-4f09-a01e-4becac6a2497?version=1.0)

INEN 974. (2016). *Agua potable. Determinación de la dureza total por titulación con EDTA*. <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-974-AGUA-POTABLE.-DETERMINACI%C3%93N-DE-LA-DUREZA-TOTAL-POR-TITULACI%C3%93N-CON-EDTA.pdf?x42051>

INEN 976. (1980). *Determinación de cloruros*.

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/976.pdf>

- INEN 1105. (1983). *AGUAS. MUESTREO PARA EXÁMEN MICROBIOLÓGICO*.
<https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-1105-AGUAS.-MUESTREO-PARA-EXAMEN-MICROBIOL%3%93GICO.pdf?x42051>
- INEN 1108. (2020). *AGUA PARA CONSUMO HUMANO. REQUISITOS*.
<https://pdfcoffee.com/nteinen1108-2-pdf-free.html>
- INEN 2169. (2013). *AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS*. <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACI%3%93N-DE-MUESTRAS.pdf?x42051>
- INEN 2176. (2013). *AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO*. <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2176-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-T%3%89CNICAS-DE-MUESTREO.pdf?x42051>
- INEN 6333. (2013). *CALIDAD DEL AGUA - DETERMINACIÓN DE MANGANESO - MÉTODO DE ESPECTROMETRÍA DE FORMALDOXIMA. (IDT)*.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_6333extracto.pdf
- INEN 9308-3. (2014). *Calidad del agua. Detección y recuento de escherichia coli y bacterias coliformes en aguas superficiales y aguas residuales. Parte 3: Método miniaturizado (número más probable) por siembra en medio líquido (ISO 9308-3:1998, IDT)*.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_9308_3extracto.pdf
- INEN 10523. (2014). *Calidad del agua. Determinación del pH. (ISO 10523:2008, IDT)*.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/10523-UNIDO-EX.pdf>
- Martínez, M., Mendoza, J., Medrano, B., Gómez, L., & Zafra, C. (2020). Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora

municipal. *UIS Ingenierías*, 19(1), 15-24.

<https://doi.org/10.18273/revuin.v19n12020001>

Martínez, M., & Osorio, A. (2018). VALIDACIÓN DE UN MÉTODO PARA EL ANÁLISIS DE COLOR REAL EN AGUA. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 7(1), 143-155.

<https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.68086>

Morales, D., & Moscoso, M. (2015). “Evaluación de los biofiltros de arena mediante el análisis de la calidad del agua en comunidades de la parroquia El Progreso, cantón Nabón” [Universidad de Cuenca].

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21940>

Namigtle, G. (2017). *Desarrollo del procedimiento para el análisis microbiológico en base a la norma NOM-210- SSA1-2014, Apéndice H. (Método aprobado para la estimación de la densidad de Coliformes totales, fecales y E. Coli por la técnica del NMP presentes en muestras de alimentos para consumo humano y agua).*

<http://reini.utcv.edu.mx/bitstream/123456789/438/1/7189.pdf>

OMS. (2009). *Medición del cloro residual en el agua*. <http://www.disaster-info.net/Agua/pdf/11-CloroResidual.pdf>

OMS. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano* (Cuarta edición).

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>

Paulsen, H., & Werner, H. (2017). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural*.

https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/GIZ%202017.%20Manual%20para%20la%20cloraci%C3%B3n%20del%20agua%20en%20sistemas%20de%20abastecimiento%20de%20agua%20potable.pdf

- Pérez, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Tecnología en marcha*, 29(3), 3-14.
<https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>
- Prado, A. (2016). *Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y Escherichia coli por la técnica de diluciones en tubo múltiple (número más probable o NMP)*. <https://docplayer.es/14715881-Metodo-para-la-determinacion-de-bacterias-coliformes-coliformes-fecales-y-escherichia-coli.html>
- Quirós, F. (2005). *Tratamiento de Desinfección del Agua Potable* (Canal de Isabel II). <https://www.fundacioncanal.com/canaleduca/wp-content/uploads/2015/08/Tratamiento-de-desinfeccion-del-agua-potable2.pdf>
- Ramírez, L. (2011). Filtración lenta con arena para el tratamiento de agua en comunidades rurales. *Avances*, 13(1), 1-8.
- Reijnders, L. (2014). Phosphorus resources, their depletion and conservation, a review. *Resources, Conservation and Recycling*, 93, 32-49.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.09.006>
- Ríos, S., Agudelo, R., & Gutiérrez, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236-247. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>
- Rock, C., & Rivera, B. (2014). La Calidad del Agua, E. coli y su Salud. *The University of Arizona - College of Agriculture and Life Sciences - Cooperative Extension*, 1-5.
<https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>
- Rodríguez, J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre del 2008. *Pensamiento actual*, 9(12-13), 125-134. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/2842>

Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, R. (2013). *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas*.

<https://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>

Severiche, C., & González, H. (2012). Evaluación analítica para la determinación de sulfatos en aguas por método turbidimétrico modificado. *Ingenierías USBMed*, 3(2), 6-11. <https://doi.org/10.21500/20275846.269>

TULSMA. (2015). *Norma de calidad ambiental de descarga de efluentes: Recurso Agua*. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

Udaeta, M., Quenta, F., & Asebey, R. (2010). *Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas*. https://unmundosalvadorsoler.org/_files/foro/guia-tecnica-agua.pdf

USAID. (2016). *MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD*. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/USAID%202016.%20Manual%20operaci%C3%B3n%20y%20mantenimiento%20de%20agua%20por%20gravedad..pdf

Vázquez, E., & Rojas, T. (2016). *PH: Teoría y 232 problemas*. <http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/17pHTeoriayproblemas.pdf>

Villena, J. (2018). CALIDAD DEL AGUA Y DESARROLLO SOSTENIBLE. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 35(2), 304-308. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>.

Zúñiga, I., & Samperio, H. (2019). Importancia de la cloración del agua: Sitios de abastecimiento con presencia de bacterias patógenas. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología*, 39(3), 86-92. <https://www.medigraphic.com/pdfs/micro/ei-2019/ei193c.pdf>

Anexos

Anexos de los resultados de los análisis in situ, laboratorio agua potable de Santa Isabel y laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Cuenca.

Anexo 1. Resultado del análisis fisicoquímico del agua (Semana #1)

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTON SANTA ISABEL					
LABORATORIO REFERENCIAL					
RESULTADO DE ANALISIS # -A 015-C-EMAPASI-CR-2021					
RESULTADO DEL ANALISIS FISICO-QUIMICO DEL AGUA					
PETICIONARIO:	Sr. Santiago Durán				
DIRECCION:	Santa Isabel				
INFORMACION DE LABORATORIO:					
TOMA DE MUESTRAS REALIZADO POR:	Sr. Santiago Durán		MUESTRAS PROCEDENCIA:	PTAP. Quillosa-Malapamba	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS:	Semana # 1 Fecha: desde 29/11/2021 hasta 03/12/2021 Hora: 7:30		TIPO DE MUESTRAS:	Muestra #1: Agua cruda (captación)	
FECHA Y HORA DE RECEPCION EN LABORATORIO:	Semana # 1 Fecha: desde 29/11/2021 hasta 03/12/2021 Hora: 9:00			Muestra #2: Salida de filtración lenta	
FECHA DE EMISION DE INFORME:	Semana # 1 03/12/2021			Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	
PARAMETRO	UNIDADES	Muestra #1: Agua cruda (captación)	Muestra #2: Salida de filtración lenta	Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	Valores según la norma INEN 1108-2014
COLOR	(Pt-Co)	6	4	14	15
TURBIEDAD	NTU	4	3	5	5
pH	mg/l	7.7	8.1	8.3	6,5-8
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	4	0	6	500
DUREZA TOTAL	mg/l CaCO ₃	169	188	194	500
DUREZA CALCICA	mg/l CaCO ₃	132	150	142	70
DUREZA MAGNESICA	mg/l CaCO ₃	37	38	52	30
ALCALINIDAD	mg/l CaCO ₃	184	210	232	250
CLORUROS	mg/l ClNa	3.22	3.011	3.38	250
SULFATOS	mg/l SO ₄	6.5	4.5	5	200
NITRATOS	mg/l NO ₃	7.3	1.4	4.55	50
NITRITOS	mg/l NO ₂	0.0315	0.075	0.017	3
HIERRO	mg/l Fe	0.13	0.03	0.06	0,3
CLORO	mg/l Cl	-	-	0.02	0,3-1,5

Observaciones:
Para la semana #1, las fechas de análisis se describen a continuación:

- La muestra #1 proveniente del agua cruda y la muestra #2 proveniente del sistema de filtración se analizaron el día lunes 29 de noviembre del 2021
- La muestra #3 proveniente del tanque de almacenamiento se analizó el día miércoles 1 de diciembre del 2021.

Atentamente:


 Santiago Durán
 Responsable

Anexo 2. Resultado del análisis microbiológico del agua (Semana #1)

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTON SANTA ISABEL.					
LABORATORIO REFERENCIAL					
RESULTADO DE ANALISIS # :A 015-C-EMAPASI-CR-2021					
RESULTADO DEL ANALISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA.					
PETICIONARIO:	Sr. Santiago Durán				
DIRECCION:	Santa Isabel				
INFORMACION DE LABORATORIO:					
TOMA DE MUESTRAS REALIZADO POR:	Sr. Santiago Durán		MUESTRAS PROCEDENCIA:	PTAP. Quillosa-Malapamba	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS:	Semana # 1 Fecha: desde 29/11/2021 hasta 03/12/2021 Hora: 7:30		TIPO DE MUESTRAS:	Muestra #1: Agua cruda (captación)	
FECHA Y HORA DE RECEPCION EN LABORATORIO:	Semana # 1 Fecha: desde 29/11/2021 hasta 03/12/2021 Hora: 9:00			Muestra #2: Salida de filtración lenta	
FECHA DE EMISION DE INFORME:	Semana # 1 03/12/2021			Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	
PARAMETRO	UNIDADES	Muestra #1: Agua cruda (captación)	Muestra #2: Salida de filtración lenta	Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	Valores según la norma INEN 1108-2014
Coliformes fecales	NMP/100 ml	>23	>23	9.2	< 1.1
Observaciones: Para la semana #1, las fechas de análisis se describen a continuación: - La muestra #1 proveniente del agua cruda y la muestra #2 proveniente del sistema de filtración se analizaron el día lunes 29 de noviembre del 2021 - La muestra #3 proveniente del tanque de almacenamiento se analizó el día miércoles 1 de diciembre del 2021. Atentamente:  Santiago Durán Responsable					

Anexo 3. Resultado del análisis fisicoquímico del agua (Semana #2)

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTON SANTA ISABEL					
LABORATORIO REFERENCIAL					
RESULTADO DEL ANALISIS # :A 015-C-EMAPASI-CR-2021					
RESULTADO DEL ANALISIS FISICO-QUIMICO DEL AGUA					
PETICIONARIO:	Sr. Santiago Durán				
DIRECCION:	Santa Isabel				
INFORMACION DE LABORATORIO:					
TOMA DE MUESTRAS REALIZADO POR:	Sr. Santiago Durán		MUESTRAS PROCEDENCIA:	PTAP. Quillosisa-Malapamba	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS:	Semana # 2 Fecha: desde 13/12/2021 hasta 17/12/2021 Hora: 7:30		TIPO DE MUESTRAS:	Muestra #1: Agua cruda (captación)	
FECHA Y HORA DE RECEPCION EN LABORATORIO:	Semana # 2 Fecha: desde 13/12/2021 hasta 17/12/2021 Hora: 9:00			Muestra #2: Salida de filtración lenta	
FECHA DE EMISION DE INFORME:	Semana # 2 17/12/2021			Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	
PARAMETRO	UNIDADES	Muestra #1: Agua cruda (captación)	Muestra #2: Salida de filtración lenta	Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	Valores según la norma INEN 1108-2014
COLOR	(Pt-Co)	14	15	13	15
TURBIEDAD	NTU	5	5	8	5
pH	mg/l	7.3	7.9	8.05	6.5-8
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	1	0	1	500
DUREZA TOTAL	mg/l CaCO ₃	168	208	226	500
DUREZA CALCICA	mg/l CaCO ₃	134	164	176	70
DUREZA MAGNESICA	mg/l CaCO ₃	34	44	50	30
ALCALINIDAD	mg/l CaCO ₃	194	232	240	250
CLORUROS	mg/l ClNa	3	3.05	3.67	250
SULFATOS	mg/l SO ₄	5	4	6	200
NITRATOS	mg/l NO ₃	3.5	2.75	2.9	50
NITRITOS	mg/l NO ₂	0.001	0.0035	0.015	3
HIERRO	mg/l Fe	0.045	0.13	0.065	0.3
CLORO	mg/l Cl	0	0	0.85	0.3-1.5

Observaciones:
Para la semana #2, las fechas de análisis se describen a continuación:

- La muestra #1 proveniente del agua cruda y la muestra #2 proveniente del sistema de filtración se analizaron el día lunes 13 de diciembre del 2021
- La muestra #3 proveniente del tanque de almacenamiento se analizó el día miércoles 15 de diciembre del 2021.

Atentamente:


 Santiago Durán
 Responsable

Anexo 4. Resultado del análisis microbiológico del agua (Semana #2)

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTON SANTA ISABEL.					
LABORATORIO REFERENCIAL					
RESULTADO DEL ANALISIS # :A 015-C-EMAPASI-CR-2021					
RESULTADO DEL ANALISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA.					
PETICIONARIO:	Sr. Santiago Durán				
DIRECCION:	Santa Isabel				
INFORMACION DE LABORATORIO:					
TOMA DE MUESTRAS REALIZADO POR:	Sr. Santiago Durán		MUESTRAS PROCEDENCIA:	PTAP. Quillosa-Malapamba	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS:	Semana # 2 Fecha: desde 13/12/2021 hasta 17/12/2021 Hora: 7:30		TIPO DE MUESTRAS:	Muestra #1: Agua cruda (captación)	
FECHA Y HORA DE RECEPCION EN LABORATORIO:	Semana # 2 Fecha: desde 13/12/2021 hasta 17/12/2021 Hora: 9:00			Muestra #2: Salida de filtración lenta	
FECHA DE EMISION DE INFORME:	Semana # 2 17/12/2021			Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	
PARAMETRO	UNIDADES	Muestra #1: Agua cruda (captación)	Muestra #2: Salida de filtración lenta	Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	Valores según la norma INEN 1108-2014
Coliformes fecales	NMP/100 ml	>23	>23	< 1.1	< 1.1
Observaciones: Para la semana #2, las fechas de análisis se describen a continuación: - La muestra #1 proveniente del agua cruda y la muestra #2 proveniente del sistema de filtración se analizaron el día lunes 13 de diciembre del 2021 - La muestra #3 proveniente del tanque de almacenamiento se analizó el día miércoles 15 de diciembre del 2021. Atentamente:  Santiago Durán Responsable					

Anexo 5. Resultado del análisis fisicoquímico del agua (Semana #3)

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTON SANTA ISABEL					
LABORATORIO REFERENCIAL					
RESULTADO DEL ANALISIS # :A 015-C-EMAPASI-CR-2021					
RESULTADO DEL ANALISIS FISICO-QUIMICO DEL AGUA					
PETICIONARIO:	Sr. Santiago Durán				
DIRECCION:	Santa Isabel				
INFORMACION DE LABORATORIO:					
TOMA DE MUESTRAS REALIZADO POR:	Sr. Santiago Durán		MUESTRAS PROCEDENCIA:	PTAP. Quillosa-Malapamba	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS:	Semana # 3 Fecha: desde 03/01/2022 hasta el 07/01/2022 Hora: 7:30		TIPO DE MUESTRAS:	Muestra #1: Agua cruda (captación)	
FECHA Y HORA DE RECEPCION EN LABORATORIO:	Semana # 3 Fecha: desde 03/01/2022 hasta el 07/01/2022 Hora: 9:00			Muestra #2: Salida de filtración lenta	
FECHA DE EMISION DE INFORME:	Semana # 3 07/01/2022			Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	
PARAMETRO	UNIDADES	Muestra #1: Agua cruda (captación)	Muestra #2: Salida de filtración lenta	Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	Valores según la norma INEN 1108-2014
COLOR	(Pt-Co)	9	7	14	15
TURBIEDAD	NTU	4	4	5	5
pH	mg/l	7.5	8.3	8.1	6,5-8
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	1	0	2	500
DUREZA TOTAL	mg/l CaCO ₃	166	188	192	500
DUREZA CALCICA	mg/l CaCO ₃	125	160	161	70
DUREZA MAGNESICA	mg/l CaCO ₃	41	28	31	30
ALCALINIDAD	mg/l CaCO ₃	200	196	199	250
CLORUROS	mg/l ClNa	3.3	3.63	4.04	250
SULFATOS	mg/l SO ₄	6	7.5	5	200
NITRATOS	mg/l NO ₃	5.9	2.4	2.45	50
NITRITOS	mg/l NO ₂	0.004	0.014	0.011	3
HIERRO	mg/l Fe	0.21	0.08	0.025	0,3
CLORO	mg/l Cl	-	-	0.07	0,3-1,5
Observaciones: Para la semana #3, las fechas de análisis se describen a continuación: - La muestra #1 proveniente del agua cruda y la muestra #2 proveniente del sistema de filtración se analizaron el día lunes 03 de enero del 2022. - La muestra #3 proveniente del tanque de almacenamiento se analizó el día miércoles 05 de enero del 2022. Atentamente:  Santiago Durán Responsable					

Anexo 6. Resultado del análisis microbiológico del agua (Semana #3)

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTON SANTA ISABEL.					
LABORATORIO REFERENCIAL					
RESULTADO DEL ANALISIS # :A 015-C-EMAPASI-CR-2021					
RESULTADO DEL ANALISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA.					
PETICIONARIO:	Sr. Santiago Durán				
DIRECCION:	Santa Isabel				
INFORMACION DE LABORATORIO:					
TOMA DE MUESTRAS REALIZADO POR:	Sr. Santiago Durán		MUESTRAS PROCEDENCIA:	PTAP. Quillosisa-Malapamba	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS:	Semana # 3 Fecha: desde 03/01/2022 hasta el 07/01/2022 Hora: 7:30		TIPO DE MUESTRAS:	Muestra #1: Agua cruda (captación)	
FECHA Y HORA DE RECEPCION EN LABORATORIO:	Semana # 3 Fecha: desde 03/01/2022 hasta el 07/01/2022 Hora: 9:00			Muestra #2: Salida de filtración lenta	
FECHA DE EMISION DE INFORME:	Semana # 3 07/01/2022			Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	
PARAMETRO	UNIDADES	Muestra #1: Agua cruda (captación)	Muestra #2: Salida de filtración lenta	Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	Valores según la norma INEN 1108-2014
Coliformes fecales	NMP/100 ml	>23	>23	5.1	< 1.1
Observaciones: Para la semana #3, las fechas de análisis se describen a continuación: - La muestra #1 proveniente del agua cruda y la muestra #2 proveniente del sistema de filtración se analizaron el día lunes 03 de enero del 2022. - La muestra #3 proveniente del tanque de almacenamiento se analizó el día miércoles 05 de enero del 2022. Atentamente:  Santiago Durán Responsable					

Anexo 7. Resultados del parámetro conductividad

RESULTADOS: CONDUCTIVIDAD					
TOMA DE MUESTRAS REALIZADO POR:	Sr. Santiago Durán		MUESTRAS PROCEDENCIA:	PTAP. Quillosa-Malapamba	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS:	Semana # 1 Fecha: desde 29/11/2021 hasta 03/12/2021 Hora: 7:30		TIPO DE MUESTRAS:	Muestra #1: Agua cruda (captación) Muestra #2: Salida de filtración lenta Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	
PARAMETRO	UNIDADES	Muestra #1: Agua cruda (captación)	Muestra #2: Salida de filtración lenta	Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	Valor de referencia (Agencia de protección ambiental EPA)
Conductividad	µS/cm	389	459	451	1000 µS/cm
Observaciones: Para la semana #1, las fechas de análisis se describen a continuación: - La muestra #1 proveniente del agua cruda y la muestra #2 proveniente del sistema de filtración se analizaron el día lunes 29 de noviembre del 2021 - La muestra #3 proveniente del tanque de almacenamiento se analizó el día miércoles 1 de diciembre del 2021. Atentamente:  Santiago Durán Responsable					

RESULTADOS: CONDUCTIVIDAD					
TOMA DE MUESTRAS REALIZADO POR:	Sr. Santiago Durán		MUESTRAS PROCEDENCIA:	PTAP. Quillosa-Malapamba	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS:	Semana # 2 Fecha: desde 13/12/2021 hasta 17/12/2021 Hora: 7:30		TIPO DE MUESTRAS:	Muestra #1: Agua cruda (captación) Muestra #2: Salida de filtración lenta Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	
PARAMETRO	UNIDADES	Muestra #1: Agua cruda (captación)	Muestra #2: Salida de filtración lenta	Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	Valor de referencia (Agencia de protección ambiental EPA)
Conductividad	µS/cm	395	463	493	1000 µS/cm
Observaciones: Para la semana #2, las fechas de análisis se describen a continuación: - La muestra #1 proveniente del agua cruda y la muestra #2 proveniente del sistema de filtración se analizaron el día lunes 13 de diciembre del 2021 - La muestra #3 proveniente del tanque de almacenamiento se analizó el día miércoles 15 de diciembre del 2021. Atentamente:  Santiago Durán Responsable					

RESULTADOS: CONDUCTIVIDAD					
TOMA DE MUESTRAS REALIZADO POR:	Sr. Santiago Durán		MUESTRAS PROCEDENCIA:	PTAP. Quillosa-Malapamba	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS:	Semana # 3 Fecha: desde 03/01/2022 hasta el 07/01/2022 Hora: 7:30		TIPO DE MUESTRAS:	Muestra #1: Agua cruda (captación) Muestra #2: Salida de filtración lenta Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	
PARAMETRO	UNIDADES	Muestra #1: Agua cruda (captación)	Muestra #2: Salida de filtración lenta	Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	Valor de referencia (Agencia de protección ambiental EPA)
Conductividad	µS/cm	391	395	403	1000 µS/cm
Observaciones: Para la semana #3, las fechas de análisis se describen a continuación: - La muestra #1 proveniente del agua cruda y la muestra #2 proveniente del sistema de filtración se analizaron el día lunes 03 de enero del 2022. - La muestra #3 proveniente del tanque de almacenamiento se analizó el día miércoles 05 de enero del 2022. Atentamente:  Santiago Durán Responsable					

Anexo 8. Resultados del parámetro temperatura

RESULTADOS: TEMPERATURA					
TOMA DE MUESTRAS REALIZADO POR:	Sr. Santiago Durán		MUESTRAS PROCEDENCIA:	PTAP. Quillosa-Malapamba	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS:	Semana # 1 Fecha: desde 29/11/2021 hasta 03/12/2021 Hora: 7:30		TIPO DE MUESTRAS:	Muestra #1: Agua cruda (captación) Muestra #2: Salida de filtración lenta Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	
PARAMETRO	UNIDADES	Muestra #1: Agua cruda (captación)	Muestra #2: Salida de filtración lenta	Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	Valor de referencia TULSMA
Temperatura	°C	22	21	20	± 3
Observaciones: Para la semana #1, las fechas de análisis se describen a continuación: - La muestra #1 proveniente del agua cruda y la muestra #2 proveniente del sistema de filtración se analizaron el día lunes 29 de noviembre del 2021 - La muestra #3 proveniente del tanque de almacenamiento se analizó el día miércoles 1 de diciembre del 2021. Atentamente:  Santiago Durán Responsable					

RESULTADOS: TEMPERATURA					
TOMA DE MUESTRAS REALIZADO POR:	Sr. Santiago Durán		MUESTRAS PROCEDENCIA:	PTAP. Quillosa-Malapamba	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS:	Semana # 2 Fecha: desde 13/12/2021 hasta 17/12/2021 Hora: 7:30		TIPO DE MUESTRAS:	Muestra #1: Agua cruda (captación) Muestra #2: Salida de filtración lenta Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	
PARAMETRO	UNIDADES	Muestra #1: Agua cruda (captación)	Muestra #2: Salida de filtración lenta	Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	Valor de referencia TULSMA
Temperatura	°C	23	22	20	± 3
Observaciones: Para la semana #2, las fechas de análisis se describen a continuación: - La muestra #1 proveniente del agua cruda y la muestra #2 proveniente del sistema de filtración se analizaron el día lunes 13 de diciembre del 2021 - La muestra #3 proveniente del tanque de almacenamiento se analizó el día miércoles 15 de diciembre del 2021. Atentamente:  Santiago Durán Responsable					

RESULTADOS: TEMPERATURA					
TOMA DE MUESTRAS REALIZADO POR:	Sr. Santiago Durán		MUESTRAS PROCEDENCIA:	PTAP. Quillosa-Malapamba	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS:	Semana # 3 Fecha: desde 03/01/2022 hasta el 07/01/2022 Hora: 7:30		TIPO DE MUESTRAS:	Muestra #1: Agua cruda (captación) Muestra #2: Salida de filtración lenta Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	
PARAMETRO	UNIDADES	Muestra #1: Agua cruda (captación)	Muestra #2: Salida de filtración lenta	Muestra #3: Salida del tanque de almacenamiento	Valor de referencia TULSMA
Temperatura	°C	24	21	24	± 3
Observaciones: Para la semana #3, las fechas de análisis se describen a continuación: - La muestra #1 proveniente del agua cruda y la muestra #2 proveniente del sistema de filtración se analizaron el día lunes 03 de enero del 2022. - La muestra #3 proveniente del tanque de almacenamiento se analizó el día miércoles 05 de enero del 2022. Atentamente:  Santiago Durán Responsable					

Anexo 9. Resultados del parámetro cloro residual con distancias diferentes

RESULTADOS: CLORO RESIDUAL						
TOMA DE MUESTRAS REALIZADO POR:		Sr. Santiago Durán		MUESTRAS PROCEDENCIA:	PTAP. Quillosa-Malapampa	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS:		Semana # 1 (primer lunes) Fecha: 10/01/2022 Hora (Mañana): 8 a.m. Hora (Tarde): 4 p.m.		TIPO DE MUESTRAS:	Muestra #1: Salida del tanque de almacenamiento Muestra #2: Domicilio con una distancia próxima Muestra #3: Domicilio con una distancia intermedia Muestra #4: Domicilio con una distancia lejana	
PARAMETRO	UNIDADES	Muestra #1: Salida del tanque de almacenamiento	Muestra #2: Domicilio con una distancia próxima	Muestra #3: Domicilio con una distancia intermedia	Muestra #4: Domicilio con una distancia lejana	Valor de referencia INEN 1108-2020
Cloro residual (Mañana)	mg/L	0.66	0.63	0.61	0.59	0.3-1.5
Cloro residual (Tarde)	mg/L	0.56	0.49	0.41	0.34	0.3-1.5
Atentamente:  Santiago Durán Responsable						

RESULTADOS: CLORO RESIDUAL						
TOMA DE MUESTRAS REALIZADO POR:		Sr. Santiago Durán		MUESTRAS PROCEDENCIA:	PTAP. Quillosa-Malapampa	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS:		Semana # 2 (segundo lunes) Fecha: 17/01/2022 Hora (Mañana): 8 a.m. Hora (Tarde): 4 p.m.		TIPO DE MUESTRAS:	Muestra #1: Salida del tanque de almacenamiento Muestra #2: Domicilio con una distancia próxima Muestra #3: Domicilio con una distancia intermedia Muestra #4: Domicilio con una distancia lejana	
PARAMETRO	UNIDADES	Muestra #1: Salida del tanque de almacenamiento	Muestra #2: Domicilio con una distancia próxima	Muestra #3: Domicilio con una distancia intermedia	Muestra #4: Domicilio con una distancia lejana	Valor de referencia INEN 1108-2020
Cloro residual (Mañana)	mg/L	0.46	0.42	0.40	0.38	0.3-1.5
Cloro residual (Tarde)	mg/L	0.35	0.32	0.28	0.27	0.3-1.5
Atentamente:  Santiago Durán Responsable						

RESULTADOS: CLORO RESIDUAL						
TOMA DE MUESTRAS REALIZADO POR:		Sr. Santiago Durán		MUESTRAS PROCEDENCIA:	PTAP. Quillosa-Malapampa	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS:		Semana # 3 (tercer lunes) Fecha: 24/01/2022 Hora (Mañana): 8 a.m. Hora (Tarde): 4 p.m.		TIPO DE MUESTRAS:	Muestra #1: Salida del tanque de almacenamiento Muestra #2: Domicilio con una distancia próxima Muestra #3: Domicilio con una distancia intermedia Muestra #4: Domicilio con una distancia lejana	
PARAMETRO	UNIDADES	Muestra #1: Salida del tanque de almacenamiento	Muestra #2: Domicilio con una distancia próxima	Muestra #3: Domicilio con una distancia intermedia	Muestra #4: Domicilio con una distancia lejana	Valor de referencia INEN 1108-2020
Cloro residual (Mañana)	mg/L	0.17	0.16	0.14	0.11	0.3-1.5
Cloro residual (Tarde)	mg/L	0.30	0.29	0.27	0.25	0.3-1.5
Atentamente:  Santiago Durán Responsable						

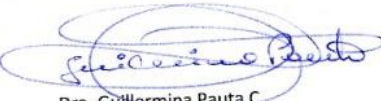
UCUENCA UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE INGENIERIA SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO DE AGUA	
Muestra Procedencia:	Planta de Tratamiento de Agua Potable de Quillosisa.- Santa Isabel.- Provincia del Azuay
Tipo de Fuente:	Superficial
Fecha de Toma:	06 de diciembre de 2021
Fecha de Análisis:	06 de diciembre de 2021
Condiciones climatológicas	Soleado
Análisis solicitado por:	Santiago Durán

PARÁMETROS	#1	#2	UNIDAD	OBSERVACIONES
	Salida de los filtros	Tanque de Almacenamiento		
MANGANESO	0,037	0,010	mg/l	como Fósforo
FOSFORO TOTAL	0,440	0,294	mg/l	

Responsable:


Dra. Guillermina Pauta C.
DIRECTORA DE LABORATORIO



CAMPUS CENTRAL
Av. 12 de Abril y Agustín Cueva
Telf: (+593 - 7) 405 - 1000
Cuenca - Ecuador

www.ucuenca.edu.ec

www.ucuenca.edu.ec

UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE INGENIERIA SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO DE AGUA	
Muestra Procedencia:	Planta de Tratamiento de Agua Potable de Quillosa.- Santa Isabel.- Provincia del Azuay
Tipo de Fuente:	Superficial
Fecha de Toma:	14 de diciembre de 2021
Fecha de Análisis:	14 de diciembre de 2021
Condiciones climatológicas	Soleado
Análisis solicitado por:	Santiago Durán

PARÁMETROS	#1 Captación	#2 Salida de los filtros	UNIDAD	OBSERVACIONES
MANGANESO	0,041	0,040	mg/l	
FOSFORO TOTAL	0,310	0,525	mg/l	como Fósforo

Responsable:


Dra. Guillermina Pauta C.
DIRECTORA DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería
LABORATORIO DE
INGENIERIA SANITARIA



CAMPUS CENTRAL
Av. 12 de Abril y Agustín Cueva
Telf: (+593 - 7) 405 - 1000
Cuenca - Ecuador

www.ucuenca.edu.ec

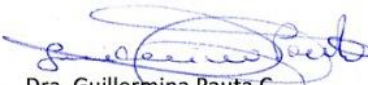
UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE INGENIERIA SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO DE AGUA	
Muestra Procedencia:	Planta de Tratamiento de Agua Potable de Quillosa.- Santa Isabel.-Provincia del Azuay
Tipo de Fuente:	Superficial
Fecha de Toma:	16 de diciembre de 2021
Fecha de Análisis:	16 de diciembre de 2021
Condiciones climatológicas	Soleado
Análisis solicitado por:	Santiago Durán

PARÁMETROS	#1	UNIDAD	OBSERVACIONES
	Tanque de Almacenamiento		
MANGANESO	0,023	mg/l	
FOSFORO TOTAL	0,305	mg/l	como Fósforo

Responsable:



Dra. Guillermina Pauta C.
DIRECTORA DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería
LABORATORIO DE
INGENIERIA SANITARIA



CAMPUS CENTRAL
Av. 12 de Abril y Agustín Cueva
Telf: (+593 - 7) 405 - 1000
Cuenca - Ecuador

www.ucuenca.edu.ec

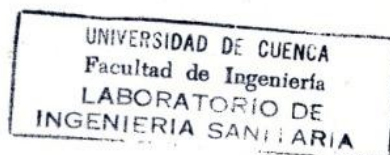
UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE INGENIERIA SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO DE AGUA	
Muestra Procedencia:	Planta de Tratamiento de Agua Potable de Quillosa.- Santa Isabel.-Provincia del Azuay
Tipo de Fuente:	Superficial
Fecha de Toma:	04 de enero de 2022
Fecha de Análisis:	04 de enero de 2022
Condiciones climatológicas	Soleado
Análisis solicitado por:	Santiago Durán

PARÁMETROS	#1	#2	UNIDAD	OBSERVACIONES
	Tanque de Almacenamiento	Salida del proceso de Filtración		
MANGANESO	0,347	0,428	mg/l	
FOSFORO TOTAL	1,390	1,110	mg/l	como Fósforo

Responsable:


Dra. Guillermina Pauta C.
DIRECTORA DE LABORATORIO



CAMPUS CENTRAL
Av. 12 de Abril y Agustín Cueva
Telf: (+593 - 7) 405 - 1000
Cuenca - Ecuador

www.ucuenca.edu.ec

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE INGENIERIA SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO DE AGUA	
Muestra Procedencia:	Planta de Tratamiento de Agua Potable de Quillosa.- Santa Isabel.-Provincia del Azuay
Tipo de Fuente:	Superficial
Fecha de Toma:	06 de enero de 2022
Fecha de Análisis:	06 de enero de 2022
Condiciones climatológicas	Soleado
Análisis solicitado por:	Santiago Durán

PARÁMETROS	#1	UNIDAD	OBSERVACIONES
	Tanque de Almacenamiento		
MANGANESO	0,525	mg/l	
FOSFORO TOTAL	3,650	mg/l	como Fósforo

Responsable:


Dra. Guillermina Pauta C.
DIRECTORA DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería
LABORATORIO DE
INGENIERIA SANITARIA



CAMPUS CENTRAL
Av. 12 de Abril y Agustín Cueva
Telf: (+593 - 7) 405 - 1000
Cuenca - Ecuador

www.ucuenca.edu.ec

Procedimiento de análisis de parámetros físicos

11.1 Determinación del Color

1. Encender el equipo presionando la tecla EXIT.
2. Presionar las teclas PROGRAM +19 +ENTER +ZERO.
3. Añadir 25 ml de agua destilada en la primera celda (blanco).
4. Colocar en el equipo la muestra del blanco correctamente (con la imagen del rombo pequeño hacia el láser).
5. Esperar para la lectura del parámetro color en la muestra del blanco (se leerá 0 Pt-Co).
6. Retirar la muestra del blanco del equipo.
7. Añadir a la segunda celda 25 ml de la muestra de agua.
8. Colocar en el equipo la muestra correctamente (con la imagen del rombo pequeño hacia el láser).
9. Presionar la tecla READ y leer el resultado final.

Imagen 14. Determinación de color in situ.



Fuente: Autor.

11.2 Determinación de la Conductividad

1. Retirar la tapa protectora del equipo y presionar la tecla ON/OFF.
2. Esperar que se estabilice el equipo.
3. Presionar la tecla MODE y aparecerán las unidades de conductividad.
4. Sumergir el equipo portátil en la muestra de agua contenida en un vaso de plástico hasta las tres cuartas partes del mismo.
5. Agitar la muestra de agua con el medidor portátil y dejar reposar hasta que el ícono de las unidades de conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) se estabilice.
6. Leer y registrar el valor obtenido del equipo.

Imagen 15. Determinación de la conductividad in situ.



Fuente: Autor.

11.3 Determinación del pH

1. Encender el equipo con la tecla EXIT.
2. Presionar las teclas PROGRAM +75 +ENTER +ZERO.
3. Añadir 10 ml de agua destilada en la primera celda (blanco).
4. Colocar en el equipo la muestra del blanco correctamente (con la imagen del rombo pequeño hacia el láser).
5. Esperar para la lectura del parámetro pH en la muestra del blanco (se leerá 6 unidades de pH).
6. Retirar la muestra del blanco del equipo.
7. Añadir a la segunda celda 10 ml de la muestra de agua más 10 gotas del indicador rojo fenol.
8. Colocar la celda correctamente en el equipo (con la imagen del rombo pequeño hacia el láser).
9. Presionar READ y leer el resultado final.

Imagen 16. Determinación de pH in situ.



Fuente: Autor.

11.4 Determinación de los Sólidos suspendidos

1. Encender el equipo con la tecla EXIT.
2. Presionar las teclas PROGRAM +94 +ENTER +ZERO.
3. Añadir 25 ml de agua destilada en la primera celda (blanco).
4. Colocar la muestra del blanco correctamente dentro del equipo (con la imagen del rombo pequeño hacia el láser).
5. Esperar para la lectura del parámetro sólidos suspendidos en la muestra del blanco (se leerá 0 mg/L).
6. Retirar la muestra del blanco del equipo.
7. Añadir a la segunda celda 25 ml de la muestra de agua analizar.
8. Colocar la celda correctamente dentro del equipo (con la imagen del rombo pequeño hacia el láser).
9. Presionar READ y leer el resultado final.

Imagen 17. Determinación de sólidos suspendidos en el laboratorio.



Fuente: Autor.

11.5 Determinación de la Temperatura

1. Retirar la tapa protectora del equipo y presionar la tecla ON/OFF.
2. Esperar que se estabilice el equipo.
3. Presionar MODE hasta que aparezcan las unidades de temperatura.
4. Sumergir el equipo portátil en la muestra de agua contenida en un vaso de plástico hasta las tres cuartas partes del mismo.
5. Agitar la muestra de agua con el medidor portátil y dejar reposar hasta que el ícono de las unidades de temperatura (°C) se estabilice.
6. Leer y registrar el valor del equipo.

Imagen 18. Determinación de temperatura In Situ.



Fuente: Autor.

11.6 Determinación de la Turbiedad

1. Encender el equipo con la tecla EXIT.
2. Presionar las teclas PROGRAM +95 +ENTER +ZERO.
3. Añadir 10 ml de agua destilada en la primera celda (blanco).
4. Colocar la muestra del blanco correctamente dentro del equipo (con la imagen del rombo pequeño hacia el láser).
5. Esperar para la lectura del parámetro turbiedad en la muestra del blanco (se leerá 0 NTU).
6. Retirar la muestra del blanco del equipo.
7. Añadir a la segunda celda 10 ml de la muestra de agua analizar.
8. Colocar la celda correctamente dentro del equipo (con la imagen del rombo pequeño hacia el láser).
9. Presionar READ y leer el resultado final.

Imagen 19. Determinación de turbiedad en In Situ.



Fuente: Autor.

Procedimiento de análisis de parámetros químicos

11.7 Determinación de la Alcalinidad total del agua

1. Medir 50 ml de agua en la probeta.
2. Pasar esta muestra a un Erlenmeyer.
3. Añadir 4 gotas de fenolftaleína.
4. Añadir un sobre del indicador Bromcresolverdemetil.
5. Llenar la bureta con Ácido sulfúrico 0.02N y proceder a titular.
6. La muestra de agua cambiará de color verde a color rosado.

$$\text{Alcalinidad en } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ de CaCO}_3 = \frac{\text{cm}^3 \text{ Ácido} * N * \text{Eq CaCO}_3 * 1000}{V_{\text{Muestra}}}$$

Ecuación 4. Determinación de Alcalinidad por titulación con EDTA.

Fuente: (INEN 974, 2016).

Imagen 20. Determinación de la alcalinidad en el laboratorio.



Fuente: Autor.

11.8 Determinación de Cloro residual

1. Encender el equipo con la tecla EXIT.
2. Presionar las teclas PROGRAM +9 +ENTER +ZERO.
3. Añadir 10 ml de agua destilada en la primera celda (blanco).
4. Colocar la celda del blanco correctamente dentro del equipo (con la imagen del rombo pequeño hacia el láser).
5. Esperar para la lectura del parámetro cloro residual en la muestra del blanco (se leerá 0 mg/L).
6. Retirar la muestra del blanco del equipo.

7. Añadir a la segunda celda 10 ml de la muestra de agua analizar más un sobre indicador de DPD.
8. Colocar la celda correctamente dentro del equipo (con la imagen del rombo pequeño hacia el láser).
9. Presionar READ y leer el resultado final.

Imagen 21. Determinación de cloro residual in situ.



Fuente: Autor.

11.9 Determinación de Cloruros en el agua

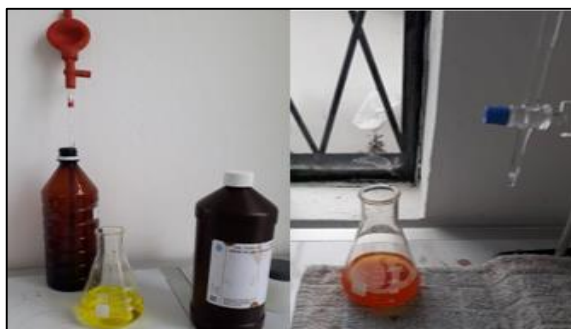
1. Medir 100 ml de agua en una probeta.
2. Pasar esta muestra de agua a un Erlenmeyer.
3. Añadir el indicador Argentométrico (1 almohadilla).
4. Llenar la bureta con Nitrato de plata 0.0141 N y proceder a titular.
5. Se identificará un cambio de color amarillo a color café.

$$Cl^- = \frac{(V_M - V_B) * N * K * meq Cl^- * 1000 * 1000}{V_{Muestra}}$$

Ecuación 5. Determinación de Cloruros.

Fuente: (INEN 976, 1980).

Imagen 22. Determinación de cloruros en el laboratorio.



Fuente: Autor.

11.10 Determinación de la Dureza total del agua

1. Medir 50 ml de agua en una probeta.
2. Pasar esta muestra de agua en el Erlenmeyer.
3. Añadir 4 gotas de buffer pH 10.
4. Añadir el indicador Manver 2.
5. Llenar la bureta con EDTA 0.02 N y proceder a titular.
6. Se identificará un cambio de color rojizo a color azul.

$$\text{Dureza total en } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ de CaCO}_3 = \frac{\text{cm}^3 \text{ EDTA} * N * \text{Eq CaCO}_3 * 1000}{V_{\text{Muestra}}}$$

Ecuación 6. Determinación de Dureza total por titulación con EDTA.

Fuente:(INEN 974, 2016).

Imagen 23. Determinación de dureza total en el laboratorio.



Fuente: Autor.

11.11 Determinación de la Dureza cálcica del agua

1. Medir 50 ml de agua en la probeta.
2. Pasar esta muestra de agua a un Erlenmeyer.
3. Añadir 4 gotas de NaOH 8 N.
4. Añadir el indicador Calver 2.
5. Llenar la bureta con EDTA 0.02 N y proceder a titular.
6. Se identificará un cambio de color rojizo a color azul.

$$\text{Dureza cálcica en } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ de CaCO}_3 = \frac{\text{cm}^3 \text{ EDTA} * N * \text{Eq CaCO}_3 * 1000}{V_{\text{Muestra}}}$$

Ecuación 7. Determinación de Dureza cálcica por titulación con EDTA.

Fuente:(INEN 974, 2016).

Imagen 24. Determinación de dureza cálcica en el laboratorio.



Fuente: Autor.

11.12 Determinación de la Dureza magnésica del agua

La dureza magnésica del agua es calculada mediante la diferencia de la dureza total y de la dureza cálcica, el resultado es expresado en mg/L de CaCO_3 .

$$\text{Dureza magnésica } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ de } \text{CaCO}_3\right) = \text{Dureza Total} - \text{Dureza cálcica}$$

Ecuación 8. Determinación de la Dureza magnésica en el agua.

Fuente: (IDEAM, 2007).

11.13 Determinación de Fósforo total

Las muestras de agua fueron enviadas hacia el laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Cuenca en donde fueron analizadas por el personal técnico respectivo.

1. Preparar un blanco de la muestra filtrada, y preparar otra muestra de 25 ml de agua añadiendo 4 ml del reactivo combinado (50 ml de ácido sulfúrico 5 N y 15 ml de molibdato de amonio).
2. Prender el equipo 45 minutos antes y realizar la lectura de estas 2 muestras por separado en el espectrofotométrico UV-VIS a 880 nm con la respectiva curva de calibración.
3. Leer la absorbancia mediante las curvas de calibración de estas dos muestras procesadas en el equipo.
4. Reportar la concentración hasta 4 cifras significativas y 3 decimales.

11.14 Determinación de Hierro

1. Encender el equipo presionando la tecla EXIT.
2. Presionar las teclas PROGRAM +33 +ENTER +ZERO.
3. Añadir 10 ml de agua destilada en la primera celda (blanco) y tapar.

4. Colocar la muestra del blanco correctamente dentro del equipo (con la imagen del rombo pequeño hacia el láser).
5. Esperar para la lectura del equipo de la muestra del blanco (se leerá 0 mg/L).
6. Retirar la muestra del blanco del equipo.
7. Añadir 10 ml del agua a analizar en la segunda celda más un sobre indicador del reactivo Ferrover.
8. Colocar la celda correctamente dentro del equipo (con la imagen del rombo pequeño hacia el láser).
9. Presionar las teclas TIME+ENTER.
10. Esperar 3 minutos (el equipo envía un mensaje para esperar este tiempo en cuenta regresiva y envía un sonido al finalizar el mismo).
11. Presionar la tecla READ y leer el resultado final.

Imagen 25. Determinación de hierro en el laboratorio.



Fuente: Autor.

11.15 Determinación de Manganeso

Las muestras de agua fueron enviadas hacia el laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Cuenca en donde fueron analizadas por el personal técnico respectivo.

1. Utilizar aproximadamente 20 ml de muestra de agua y aforar hasta 90 ml.
2. Añadir 5 ml a partir de la solución preparada de: 75 g HgSO_4 + 35 mg AgNO_3 + 400 ml HNO_3 + 200 ml agua destilada + 200 ml ácido fosfórico al 85%, diluido a 1 litro).
3. Concentrar la muestra hirviéndola.
4. Añadir 1 g de persulfato amónico.
5. Hervir la mezcla durante 1 minuto, dejar reposar por 1 minuto y enfriar bajo el grifo.
6. Aforar la mezcla hasta 100 ml.
7. Prepare estándares que van desde 0 a 1500 μg de Mn.
8. Generar una curva de absorbancia frente a concentración.

9. Utilizar una celda de muestra que proporcione una longitud de trayectoria de luz adecuada y mida la absorbancia a 525 nm frente a un blanco de agua.

11.16 Determinación de Nitratos

1. Encender el equipo presionando la tecla EXIT.
2. Presionar las teclas PROGRAM +51 +ENTER +ZERO.
3. Añadir 10 ml a la primera celda con agua destilada (blanco) y tapar.
4. Colocar la muestra del blanco correctamente en el equipo con la imagen del rombo pequeño hacia el láser.
5. Esperar para la respuesta del equipo en la muestra del blanco (se leerá 0 mg/L).
6. Retirar la muestra del blanco del equipo.
7. Añadir 10 ml en la segunda celda con agua a analizar más un sobre indicador del indicador Nitraver 5.
8. Colocar la celda correctamente con la imagen del rombo pequeño hacia el láser.
9. Presionar las teclas TIME+ENTER.
10. Esperar el tiempo de 1 minuto (el equipo envía un mensaje para esperar este tiempo en cuenta regresiva y envía un sonido al finalizar el mismo).
11. Esperar 5 minutos (el equipo envía un mensaje de manera automática para esperar este tiempo en cuenta regresiva y envía un sonido al finalizar el mismo).
12. Presionar la tecla ENTER.
13. Retirar esta segunda celda del equipo.
14. Colocar el blanco preparada anteriormente y presionar la tecla ZERO.
15. Retirar el blanco del equipo.
16. Colocar en el equipo la celda con el agua a analizar y presionar la tecla READ para leer el resultado final.

Imagen 26. Determinación de nitratos en el laboratorio.



Fuente: Autor.

11.17 Determinación de Nitritos

1. Encender el equipo presionando la tecla EXIT.
2. Presionar las teclas PROGRAM +60 +ENTER +ZERO.
3. Añadir 10 ml a la primera celda con agua destilada (blanco) y tapar.
4. Colocar la muestra del blanco correctamente en el equipo (con la imagen del rombo pequeño hacia el láser).
5. Esperar para la respuesta del equipo en la muestra del blanco (se leerá 0 mg/L).
6. Retirar la muestra del blanco del equipo.
7. Añadir 10 ml en la segunda celda con agua a analizar más un sobre indicador del indicador Nitriver 3.
8. Colocar la celda correctamente con la imagen del rombo pequeño hacia el láser.
9. Presionar las teclas TIME+ENTER y esperar 15 minutos (el equipo envía un mensaje para esperar este tiempo en cuenta regresiva y envía un sonido al finalizar el mismo).
10. Retirar esta segunda celda del equipo y colocar el blanco preparada anteriormente y presionar la tecla ZERO.
11. Retirar el blanco del equipo.
12. Colocar la muestra a analizar, presionar la tecla READ y leer el resultado final.

Imagen 27. Determinación de nitritos en el laboratorio.



Fuente: Autor.

11.18 Determinación de Sulfatos

1. Encender el equipo presionando la tecla EXIT.
2. Presionar las teclas PROGRAM +91+ENTER +ZERO.
3. Añadir 10 ml a la primera celda con agua destilada (blanco) y tapar.
4. Colocar la muestra del blanco correctamente en el equipo (con la imagen del rombo pequeño hacia el láser).
5. Esperar para la respuesta del equipo en la muestra del blanco (se leerá 0 mg/L).

6. Retirar la muestra del blanco del equipo.
7. Añadir 10 ml en la segunda celda con agua a analizar más un sobre del indicador Sulfaver 4.
8. Colocar la celda correctamente con la imagen del rombo pequeño hacia el láser.
9. Presionar las teclas TIME+ENTER.
10. Esperar 5 minutos (el equipo envía un mensaje para esperar este tiempo en cuenta regresiva y envía un sonido al finalizar el mismo).
11. Retirar esta segunda celda del equipo.
12. Colocar el blanco preparada anteriormente y presionar la tecla ZERO.
13. Retirar el blanco del equipo.
14. Colocar la muestra a analizar, presionar la tecla READ y leer el resultado final.

Imagen 28. Determinación de sulfatos en el laboratorio.



Fuente: Autor.

Procedimiento de análisis de parámetros microbiológicos

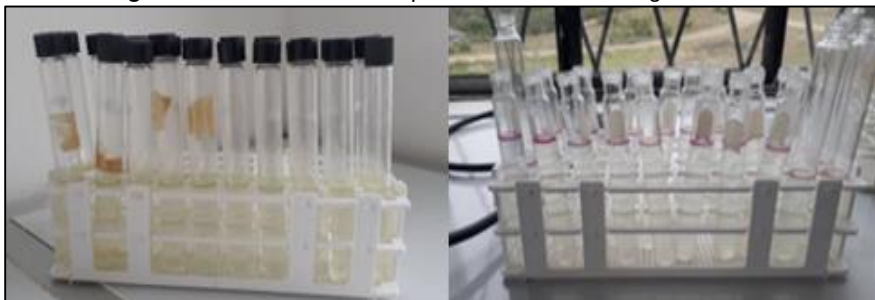
11.19 Determinación de Coliformes fecales

El análisis microbiológico se divide en 2 partes, la primera parte consta de una inspección visual de la coloración de la superficie de las muestras de agua y la segunda parte se realiza mediante la confirmación de bacterias utilizando el reactivo Kovac.

1. **Preparación del cultivo:** se pesó 8.5 g de Fluorocult en la balanza analítica y con agua destilada se aforó en un matraz hasta 500 ml. Posterior se pasó esta solución a un recipiente de vidrio y se cerró de manera hermética.
2. **Esterilización:** se esteriliza los tubos de ensayo a utilizar y el cultivo preparado anteriormente durante un tiempo de 2 horas en un esterilizador (autoclave) manteniendo una presión constante dentro del mismo.
3. **Zona de trabajo:** el lugar fue ordenado y esterilizado con alcohol para mantener un ambiente limpio y estéril.

4. **Siembra del cultivo:** los tubos de ensayo a utilizar y el cultivo previamente esterilizados se extraen cuidadosamente del autoclave y se colocan sobre las gradillas rotuladas. Posterior a este proceso con ayuda de una pipeta automática de 1000 μ l (1 ml) se añade el cultivo y 10 ml de agua en cada tubo de ensayo, las muestras que contenían cloro residual se añadió tiosulfato de sodio al 1%.
5. **Incubación de cultivo:** los tubos de ensayo se colocaron en la incubadora a 25°C aproximadamente y 48 horas.
6. **Determinación de coliformes:** Una vez finalizado la incubación, se retiró los tubos de ensayo y se realizó una inspección visual de los mismos, después se agregó en los tubos de ensayo cuatro gotas del reactivo Kovac, las muestras de agua positivas para Coliformes fecales presentarán un anillo de color rojizo en su superficie.
7. **Índice del NMP/100 ml:** Se identificó el resultado de Coliformes fecales en valores de NMP/100 ml con la lectura de la tabla 14.

Imagen 29. Determinación de parámetros microbiológicos en el laboratorio.



Fuente: Autor.

TABLA 14. Índice del NMP cuando se utilizan 10 tubos de ensayo con 10 ml de muestra

Número de tubos que presentan reacción positiva, a partir de 10 tubos de 10 ml	Índice de NMP/100 ml	Límite de confianza en el 95%	
		Inferior	Superior
0	<1,1	0	3,0
1	1,1	0,03	5,9
2	2,2	0,26	8,1
3	3,6	0,69	10,6
4	5,1	1,3	13,4
5	6,9	2,1	16,8
6	9,2	3,1	21,1
7	12,0	4,3	27,1
8	16,1	5,9	36,8
9	23,0	8,1	59,5
10	>23	13,5	Infinito

Fuente: (Prado, 2016)

11.20 Análisis de cloro residual en diferentes distancias

Imagen 30. Salida del tanque de almacenamiento (primer punto)



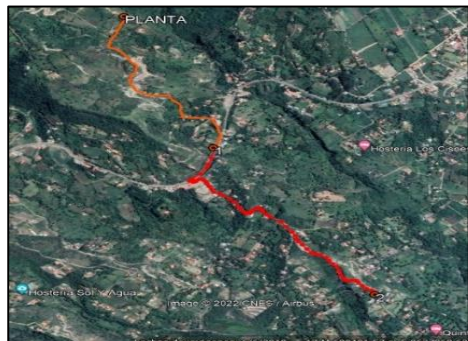
Fuente: Google Earth

Imagen 31. Domicilio con una distancia cercana a la planta potabilizadora (segundo punto)



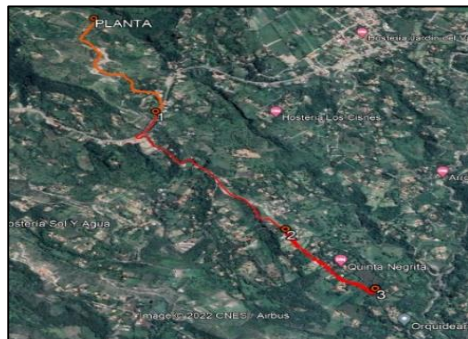
Fuente: Google Earth

Imagen 32. Domicilio con una distancia intermedia a la planta potabilizadora (tercer punto)



Fuente: Google Earth

Imagen 33. Domicilio con una distancia lejana a la planta potabilizadora (cuarto punto)



Fuente: Google Earth

Anexos 12. Cotizaciones de equipos recomendados

Cotización del equipo ablandador



Santo Domingo, 14 de Marzo del 2022

Ing. Santiago Durán
Presente.

ABLANDADOR INDUSTRIAL hasta 3.20 lts/seg.

SOLUCION PARA CONTAMINACION DE AGUAS

N&M PURE LIFE Somos una empresa que mediante ingeniería de punta desarrollamos actividades de asesoría, venta e instalación de equipos y plantas de tratamiento en filtración y purificación del agua por medios tecnológicos que ofrecen soluciones integrales a los problemas creados por la contaminación del agua según procesos estandarizados y de acuerdo al requerimiento de nuestros clientes para lo cual contamos con una estructura técnico-administrativa y con talento humano muy capacitado y comprometido con el fin institucional conscientes de la importancia ambiental y social de nuestro país.

Nuestros productos fueron diseñados para luchar contra las enfermedades que se reproducen en el agua, usando la desinfección ultravioleta, la osmosis inversa, pre-filtración, ablandamiento y otras tecnologías de punta. Nuestro objetivo es ayudar a las familias y a las empresas que necesitan soluciones a este problema, con productos que los ayuden a mejorar su bienestar.

Los sistemas de pre-filtración, carbón activado y ablandamiento son utilizados en edificaciones, construcciones, fábricas, hoteles y empresas con la finalidad de:

1

Av. La Paz 119 y Av. Santa Rosa edificio Yumbra Piso 3 .Of.4
Teléfonos: 09899387504 Santo Domingo - Ecuador



ABLANDADOR

El **suavizador de agua**, también llamado **descalcificador o ablandador de agua**, es un aparato que por medios mecánicos, químicos y/o electrónicos, trata el agua para reducir el alto contenido de sales minerales y sus incrustaciones en tuberías y depósitos de agua.

El agua con altos contenidos de calcio (**agua dura**) tiende a formar incrustaciones minerales en las paredes de las tuberías, en algunos casos bloquean casi la totalidad de la sección del tubo.

Las sales se adhieren con más frecuencia a las tuberías de agua caliente así como a la superficie de máquinas que trabajen o produzcan agua caliente, (cafeteras, calefones, calderos, torres de enfriamiento, autoclaves, etc..)

Las aguas duras cuando entran en contacto con el jabón, reduce su capacidad de crear espuma, obligando a aumentar el tiempo de uso. Los detergentes también son afectados forzando a emplear mayor concentración del producto para cumplir con su misión del lavado.

EL ABLANDAMIENTO DE AGUA SIGNIFICA AUMENTAR LA VIDA UTIL DE LAS MAQUINARIAS, DE LAS TUBERÍAS, INCLUSO CONTRIBUYEN A AUMENTAR EL TRABAJO Y UNA EXPANSIÓN DE VIDA DE LOS SISTEMAS CON APLICACIONES BASADAS EN EL AGUA(SOBRETODO PARA LA POTABILIZACIÓN DE AGUAS DURAS)





ABLANDADOR INDUSTRIAL DE 10mts ³	DETALLE
    	-Cabezal Automático con programador digital multifunción. -Controlador de retro lavado de 5 ciclos. -Presión de operación: 20psi-125 psi -Voltaje: 120 VAC -Entrada/salida 2" -Rendimiento: 10m³/h44gpm -Altura: 1,80 mts aprox. -tanque en fibra de vidrio compuesta (5 años de garantía) Ablandador de Resina: -Remueve calcio y magnesio para evitar incrustaciones. -No requiere de mantenimiento frecuente.  MATERIALES FILTRANTES DE ALTA EFICIENCIA DE VIDA UTIL DE ENTRE 12 A 128 MESES ANTES DE SU REEMPLAZO



INCLUYE:

TANQUE 24"X72" CAUDAL: 48GPM
VALVULA AUTOMATICA DE ABLANDADOR : HASTA 100 GPM
TANQUE DE SALMUERA KIT DE SUCCION DE SAL

PRECIO Especial equipo ablandador Caudal: 3.20lts/seg	\$ 7600 + IVA
--	----------------------

Esperamos que nuestra oferta sea de su interés y de acuerdo a sus necesidades.

Agradecemos de antemano por la atención prestada a la presente información

Atte.

Ing. Iván Navarro A.

Jefe de Ventas y Proyectos
0988498424

4 | Av. La Paz 119 y Av. Santa Rosa Edf. Yumbia Piso 3 Of.4
Teléfonos: 0989387504 Santo domingo- Ecuador

Cotización del equipo dosificador de cloro

Dirección: JUAN LARREA GUERRERO Y AV. DE LAS AMÉRICAS
(ATRAS DEL SUPER STOCK)
Teléfono: 07 4024350 / 07 4024412
Correo Elec: info@clorid.com / ventas@clorid.com
Página Web: www.clorid.com
RUC: 0190121534001



PROFORMA # 000003901

R.U.C : 0105372270
CLIENTE : DURAN LEON IVAN SANTIAGO
DIRECCIÓN : CALLE SUCRE Y TRES DE NOVIEMBRE
CIUDAD : SANTA ISABEL
TELÉFONO : 0986982436
SOLICITADO POR :
VENDEDOR : PALACIOS GUIDO

FECHA : Cuenca, 10 de Junio del 2022

CÓDIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	TOTAL
C-04	1.00	EQUIPO PRODUCTOR CLORO CLORID L-60	2,328.0000	2,228.00 *

FORMA DE ENVÍO: TRANSPORTE A CARGO DEL CLIENTE
FORMA DE PAGO: CONTADO
TIEMPO DE ENTREGA: PREVIO STOCK
VALIDEZ DE LA OFERTA: 8 DÍAS
OBSERVACIONES: EQUIPO CON 2 AÑOS DE GARANTÍA

SUBTOTAL : 2,228.00
DESCUENTO : 0.00
IVA : 267.36
TOTAL : 2,495.36

Son: DOS MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y CINCO DOLARES con 36/100 ctvs.



AUTORIZADO

FIRMA DE RESPONSABILIDAD

VENTAS

Universidad de Cuenca
Facultad de Ciencias Químicas
Carrera de Ingeniería Química

**Manual de operación y
mantenimiento**

**Junta Administradora de Agua Potable
Regional Quillosisa-Malapamaba**

Desarrollado por: Iván Santiago Durán León

Cuenca, 2022

Manual de mantenimiento

Alcance

Este manual se aplica para la planta potabilizadora de agua “Quillosa Malapamba” desde la captación del agua cruda hasta su respectiva distribución.

Presentación del manual.

En el presente documento se proporciona la información del mantenimiento preventivo a implementar desde la captación del agua dentro de la planta hasta la red de distribución con el respectivo control, mantenimiento y operación de estas etapas, explicando en forma detallada las definiciones, periodicidad, actividades y herramientas necesarias a utilizar para un normal estado de funcionamiento de esta planta potabilizadora.

Este manual se encarga de proporcionar al concejo directivo de la junta de agua potable, al operario y demás usuarios los conocimientos básicos sobre su respectivo mantenimiento preventivo, con el objetivo de que se proceda con las debidas acciones de manera segura, ágil y correcta, a fin de garantizar la vida útil de las estructuras construidas mediante un eficiente funcionamiento para el cual las unidades de potabilización fueron diseñadas.

Se espera que este manual sea utilizado como una guía, en el que se detallan las instrucciones más importantes para una adecuada operación y mantenimiento. Con la finalidad de cumplir las actividades necesarias en el mantenimiento con sus respectivas instalaciones y que el operador o trabajador desarrolle las capacidades o habilidades de mejorar el abastecimiento del agua potable dentro del ámbito rural y con la expectativa de aumentar el rendimiento de los servicios del líquido vital con una mayor calidad. De esta manera les corresponde a los respectivos niveles jerárquicos que conforman la junta de agua potable el estudio de este manual.

Objetivos

Objetivo general

- Identificar las actividades que involucran el mantenimiento de cada una de las estructuras presentes en el lugar de la planta de tratamiento de agua potable Quillosa Malapamba.

Objetivos específicos

- Guiar al operario en la solución de problemas del mantenimiento de la planta de agua Quillosa Malapamba.
- Proporcionar al operario y trabajadores las directrices básicas para brindar un servicio eficiente de agua potable.
- Establecer la periodicidad del mantenimiento preventivo en el sistema de potabilización del agua.
- Proporcionar el conocimiento de mantener los componentes más importantes de un sistema de agua potable.

Términos y definiciones

- **Agua potable**

El agua potable consta de una lista de compuestos físicos, químicos y microbiológicos los cuales se encuentran asociados a un nivel aceptable en el ser humano, misma que es garantizada por las autoridades y es esencial para la supervivencia de una determinada población (Fernández, 2012).

- **Calidad del agua**

La calidad del recurso hídrico describe sus características químicas, físicas y microbiológicas, las mismas que varían según la fuente y depende de los diferentes usos que va a tener el agua, la misma debe evaluarse antes de iniciar la construcción de la planta de agua potable (Perlman, 2017).

- **Agua clorada**

Es un procedimiento que realiza la desinfección del agua utilizando el cloro o compuestos clorados como el hipoclorito de calcio o el hipoclorito de sodio en diferentes presentaciones con la finalidad de asegurar agua de consumo (Conza & Páucar, 2013).

- **Potabilización**

La potabilización del agua es denominada al conjunto de tratamientos, mediante los cuales la hacen apta para los seres humanos a través de diversas etapas realizadas en una planta potabilizadora y una vez potabilizada se almacena en depósitos protegidos y limpios para su posterior distribución con diferentes usos (Sancho & Aranda, 2010).

- **Cloro residual**

Cantidad de cloro que tiene el agua después de la fase de cloración o de su debida desinfección (Velásquez, 2021).

- **Hipoclorito de calcio**

Compuesto químico utilizado en el tratamiento del agua, se encarga de eliminar los microorganismos que alteren la salud de los consumidores (Velásquez, 2021).

Estructura organizacional

La estructura organizacional perteneciente a la junta de agua potable regional Quillosisa Malapamaba cumple un rol fundamental en la designación de actividades y cargos del personal. Permite establecer jerarquías que existen en la junta con el objetivo de ejecutar las actividades de manera eficaz para brindar a la comunidad un servicio de calidad.

Imagen 1. Organigrama de la Junta de agua potable Quillosisa Malapamba.



Fuente: Autor.

- **Asamblea de socios**

Son todas las personas abastecidas del agua potable, mismas que participan activamente de reuniones, pagos de servicios, información sobre problemas de abastecimiento al operador y planes de mantenimiento de la junta de agua potable competente.

- **El consejo directivo**

Son el conjunto de personas conformados por el presidente, vocales, secretario, tesorera y contador. Ellos son los delegados y responsables quienes fueron designados para el cumplimiento de las funciones principales de la junta de agua potable Quillosa Malapamba.

- **Operador de planta**

Persona que se encuentra dentro del departamento técnico y ejecuta trabajos propios dentro de la planta de agua potable cumpliendo múltiples controles relacionados al mantenimiento y el correspondiente funcionamiento.

Funciones principales del operador

Se identifican las siguientes actividades fundamentales del operador:

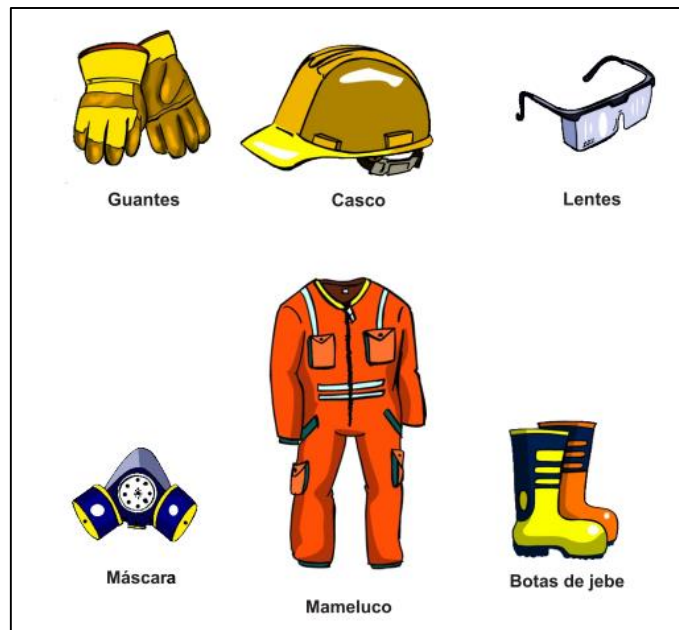
- Manipular adecuadamente las llaves y válvulas de los componentes de conducción de agua.
- Ejecutar en menor tiempo posible las reparaciones pertinentes.
- Comunicar a los encargados sobre las compras a realizar y el equipo de protección personal a utilizar.
- Realizar inspecciones periódicas a la planta potabilizadora Quillosa Malapamba.
- Inspeccionar y controlar las respectivas fuentes de agua.
- Registrar y controlar las diversas actividades realizadas dentro de la planta potabilizadora.
- Llevar una adecuada vigilancia de los trabajos realizados, informando oportunamente de situaciones o acciones que van en contra de la junta potabilizadora de agua.
- Controles de los caudales de ingreso.
- Mantener de manera adecuada la prestación del servicio hídrico.

Imagen 2. Herramientas, materiales y equipos de protección personal a utilizar.



Fuente: (Conza & Páucar, 2013).

Imagen 3. Equipo de protección personal a utilizar.



Fuente: (Conza & Páucar, 2013).

Operación y mantenimiento de la planta de agua potable Quillosisa Malapamba



¿Qué es operación?

Una operación se refiere a la aplicación de acciones para lograr un objetivo, se reciben insumos, materia u órdenes del exterior con la finalidad de hacer funcionar un proceso productivo. Son técnicas realizadas al culminar un mantenimiento y cada vez que se reinicie el adecuado funcionamiento de un sistema para ejecutar de una manera continua un proceso según el diseño para el cual fue construido (USAID, 2016).

¿Qué es mantenimiento?

Son las acciones realizadas por las personas designadas con el objetivo de que los equipos, componentes o instalaciones localizadas dentro de un proceso cumplan con las condiciones para las que inicialmente fueron diseñadas, construidas y puestas en funcionamiento (Pérez, 2021).

Tipos de mantenimiento

Mantenimiento correctivo

Es el conjunto de actividades referidas a la reparación y la sustitución de elementos que dejan de funcionar con la finalidad de continuar con un proceso y de no afectar su productividad, el mantenimiento correctivo se aplica cuando se presenta un fracaso al no diagnosticar a tiempo las fallencias presentadas durante un proceso operativo (Pérez, 2021).

Mantenimiento preventivo

Es la agrupación de actividades planificadas y que se desean cumplir dentro de los periodos propuestos, con el objetivo de cumplir las funciones establecidas en operaciones y prevenir fallas de un proceso mediante acciones planificadas en tiempos dirigidos (Pérez, 2021).

Actividades de operación y mantenimiento de la planta potabilizadora Quillosa Malapamba

Captación

La captación incluye las estructuras de concreto necesarias para adquirir el agua a partir de una fuente de abastecimiento ya sea un manantial, río, riachuelo o una laguna y posteriormente ser distribuido a una determinada población para su uso respectivo (MANCUERNA, 2013).

Operación de la captación

TABLA 1. Actividades de operación en la captación.

Número	Actividades
1	Disponer de medios filtrantes y prevenir la entrada de cualquier material extraño a la obra de captación.
2	Realizar la respectiva vigilancia de la llegada del agua en la captación.
3	Cerrar la llave de salida para realizar trabajo de mantenimiento en la obra de captación.
4	Abrir la llave de salida al término de cada mantenimiento.
5	Las llaves de la obra de captación se deben abrir y cerrar sin presentar resistencia.

Fuente: Autor.

Mantenimiento en la captación

TABLA 2. Actividades de mantenimiento en la captación.

Número	Frecuencia	Actividades de mantenimiento	Materiales, herramientas y equipos de protección personal
1	Cada 15 días	1. Inspeccionar la estructura física verificando deterioros o fugas de la captación, en caso de existir utilizar cemento y arena fina para el respectivo arreglo.	Herramientas • Pala • Rastrillo • Recogedor

		2. Inspeccionar si existen el contacto con aguas residuales y notificar a la autoridad correspondiente. 3. Vigilar las tomas de agua no autorizadas aguas arriba de la captación que obstruyan su circulación, e inmediatamente avisar al presidente y autoridad ambiental para su verificación. 4. Realizar un seguimiento de las tuberías en el recorrido del agua hasta la captación. 5. Limpieza física de la estructura de captación, depende de la calidad del agua cruda y del clima, ya que en invierno se da una rápida obstrucción y debe limpiarse con más frecuencia que en verano para eliminar cualquier material extraño.	• Escoba • Aceite • Grasas • Lubricantes • Cepillo metálico • Brochas Materiales • Arena • Cemento • Pintura anti-corrosiva Equipo de protección personal. • Guantes • Botas • Casco • Overol de cuerpo entero
2	Cada 3 meses	1. Inspeccionar el adecuado funcionamiento de válvulas y compuertas. 2. Comprobar y lubricar dispositivos utilizados en la captación para abrir y cerrar las compuertas de seguridad como los candados, picaportes, bisagras etc. 3. Revisar la pintura anticorrosiva o la estructura de armazones metálicos para su respectiva limpieza y aplicación de la pintura anticorrosiva. 4. Eliminar algas, musgos, maleza o hierba en el interior y exterior de obra de captación.	

Fuente: Autor.

Torre de aireación con bandejas

Una torre de aireación es una estructura metálica que permite el ingreso del agua por la parte superior de su estructura a continuación, el agua es conducida a través de las bandejas dispuestas una sobre otra, dentro de estas se encuentra el carbón coque. Al finalizar este proceso el agua es conducida por la tubería después de la última bandeja hacia etapas posteriores. No se utiliza aditivos químicos, y es realizado con la finalidad de modificar la concentración de sustancias volátiles (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

Operación de la torre de aireación

TABLA 3. Actividades de operación en la torre de aireación.

Número	Actividades
1	Inspeccionar el suministro del agua sobre la torre de aireación.
2	Revisar el estado del carbón coque.
3	Verificar el correcto funcionamiento de la torre de aireación con las adecuadas conexiones de tuberías para la conducción del agua.

Fuente: Autor.

Mantenimiento de la torre de aireación

TABLA 4. Actividades de mantenimiento en la torre de aireación.

Número	Frecuencia	Actividades de mantenimiento	Materiales, herramientas y equipos de protección personal
1	Cada 15 días	1. Limpiar la obra en donde se encuentra asentada la estructura metálica, eliminando sedimentos y suciedades.	Herramientas • Escobas • Balde • Manguera • Lampa • Brocha • Cepillo • Machete
2	Cada mes	1. Limpiar la estructura metálica removiendo algas y partículas que obstruyan el paso del agua. 2. Retirar la maleza o hierbas alrededor de la torre de aireación.	Materiales • Detergente biodegradable
3	Cada 3 meses	1. Realizar la limpieza del carbón colocado sobre las bandejas de aireación, eliminando el color amarillento con la ayuda de un cepillo. 2. Realizar la respectiva desinfección de la torre de aireación: • Suspender el servicio de agua, cerrando las válvulas. • Desarmar la torre de aireación bandejas tras bandeja. • Con abundante agua lavar el carbón y con la ayuda de un cepillo eliminar las suciedades del mismo. • Lavar con abundante agua las bandejas y las superficies metálicas con la ayuda de un cepillo restregando con detergente	Equipo de protección personal. • Guantes • Botas • Casco • Overol de cuerpo entero

		biodegradable manteniendo un tiempo 2 a 5 minutos • Desinfectar la superficie con hipoclorito de sodio a 200 ppm y esparcir sobre la superficie metálica. • Dejar en contacto la solución durante 10 minutos y enjuagar con abundante agua.	
4	Cada año	1. Pintar la estructura metálica con pintura anticorrosiva. 2. Cambiar el carbón.	

Fuente: Autor.

Filtros lentos de arena

La filtración se consigue cuando el agua pasa a través de capas de arena con la finalidad de eliminar las partículas suspendidas. En la filtración lenta las impurezas son atrapadas y suspendidas en el medio filtrante, desarrollando la degradación biológica y química, posterior son transportadas hacia la profundidad del filtro o también permanecen como material inerte en la superficie del mismo (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

Operación de los filtros lentos de arena

TABLA 5. Actividades de operación en los filtros lentos de arena.

Número	Actividades
1	Ajustes y llenado de los filtros con el ingreso del agua en forma ascendente expulsando las burbujas de aire.
2	Inspeccionar en la filtración como mínimo una altura de 10 cm de agua sobre el lecho filtrante.
3	La caída del agua debe ser amortiguada sobre la capa de arena y evitar daños a la capa biológica.
4	Llenar el nivel del tanque de filtración según el diseño, la maduración del filtro durará hasta 7 días.
5	Durante el llenado del filtro las válvulas de ingreso al filtro y de su salida permanecerán abiertas y las válvulas de limpieza permanecerán cerradas.

Fuente: Autor.

Mantenimiento de los filtros lentos de arena

TABLA 6. Actividades de mantenimiento en los filtros lentos de arena.

Número	Frecuencia	Actividades de mantenimiento	Materiales, herramientas y equipos de protección personal
1	Diaria	1. Inspección física de los filtros para encontrar fugas o algún deterioro de las unidades. 2. Inspección de la ubicación del espacio físico de los tanques de filtración. 3. Verificación de las llaves que se abran y se cierren adecuadamente.	Herramientas • Registros • Martillo • Pala • Cepillo metálico • Pala • Balde • Brocha
2	Semanal	1. Inspeccionar y retirar los lodos acumulados en la superficie, aunque la frecuencia cambie según la calidad del agua. 2. Comprobar si existe el ingreso a la planta de ganado o animales mayores.	Materiales • Arena • Cemento • Pintura anti-corrosiva
3	Cada mes	1. Realizar la limpieza externa completa de las unidades. 2. Extraer el material flotante, drenar el agua sobrenadante, limpiar las paredes del filtro.	Equipo de protección personal. • Guantes • Botas • Casco • Overol de cuerpo entero • Gafas protectoras
4	Cada seis meses	1. Limpieza superficial (descrito a continuación de la tabla 6).	
5	Cada año	1. Mantenimiento de compuertas, válvulas y llaves. 2. Recubrimiento de las paredes exteriores con pintura anticorrosiva.	
6	Cada 2 años	1. Limpieza total del filtro (descrito a continuación de la tabla 6).	

Fuente: Autor.

Limpieza superficial de los filtros lentos de arena.

Limpieza rutinaria (método del trillado en seco): se recomienda realizar la limpieza rutinaria con una frecuencia de 6 meses, con el método del trillado, el cual consiste en descompactar y redistribuir el material filtrante generando porosidad en el lecho filtrante:

1. Solo 1 filtro deberá permanecer en funcionamiento, con la cantidad del caudal correspondiente que ingresa a ese filtro que se encuentra activo.
2. Cerrar la válvula de ingreso del filtro a limpiar y dejar filtrar durante toda la noche.
3. Al día siguiente, quitar el material flotante o sobrenadante y abrir la válvula de limpieza que se encuentra en el fondo del tanque, hasta que el agua se encuentre 15 cm por debajo de la capa de arena.
4. Con la ayuda de un pico se descompacta el lecho hasta la profundidad de 15 cm.
5. Utilizando un rastrillo rellenar con arena la superficie del filtro lento.
6. Dejar la superficie cubierta de arena de manera uniforme.
7. Abrir la válvula que permite el ingreso de agua al filtro (García, 2009).

Limpieza total

Se recomienda una limpieza completa del sistema de filtración lento de arena con una frecuencia de 2 años:

1. Retirar y proceder a lavar la arena y la grava de las unidades de filtración, apartando cada uno por separado para no mezclar estos materiales.
2. Cepillar y lavar las paredes internas del sistema de filtración lenta de arena, eliminando posteriormente el agua utilizada.
3. Reponer las grietas en las paredes o en el fondo del filtro.
4. Reacomodar los componentes de drenaje y colocar el lecho de arena y grava en el filtro.
5. En filtros lentos de arena que constan de un diseño, operación y mantenimiento, se requiere dosis bajas de cloro para garantizar la calidad bacteriológica del agua (Torres & Villanueva, 2014).

Sistema de desinfección

La desinfección protege la calidad del agua mediante desinfectantes como el hipoclorito de calcio, realizando una desactivación o eliminación de microorganismos perjudiciales para la salud, asegurando de esta manera una conducción del agua hasta los domicilios de las familias abastecidas del servicio vital en condiciones aptas para la salud de los consumidores (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

Operación del sistema de desinfección (cloración)

TABLA 7. Actividades de operación en el sistema de desinfección

Número	Actividades
1	Inspeccionar la altura del agua en el tanque clorador.
2	Utilizando la balanza y los equipos de protección personal, pesar una cantidad aproximada de 220 g de hipoclorito de calcio por día (valor calculado en el capítulo 4, numeral 4,5).
3	Llenar el tanque de cloración con agua limpia hasta las 3/4 partes del mismo.
4	En un balde con 20 litros con agua disolver el hipoclorito de calcio y agregar al tanque de cloración.
5	Repetir el último paso hasta disolver todo el hipoclorito de calcio, completando con agua el volumen final del tanque clorador.
6	Vaciar la mezcla en el tanque dosificador y abrir la válvula de goteo.
7	Registrar los datos de recarga de cloro con su respectiva fecha.

Fuente: Autor.

Mantenimiento del sistema de desinfección (cloración).

TABLA 8. Actividades de mantenimiento en el sistema de desinfección

Número	Frecuencia	Actividades de mantenimiento	Materiales, herramientas y equipos de protección personal
1	Rutina y semanalmente	1. Verificar e inspeccionar el adecuado funcionamiento del tanque clorador.	Herramientas • Registro de la información en libros • Martillo • Pala • Cepillo metálico • Pala • Balde • Brocha Materiales • Arena • Cemento • Pintura anti-corrosiva Equipo de protección personal. • Guantes • Botas • Mascarilla • Gafas protectoras
2	Mensual	1. Lavar el interior del tanque y verificar su estado físico (paredes, tapa del tanque) 2. Realizar la limpieza de los muros y caseta de cloración.	
3	Semestral	1. Lavar las tuberías, eliminando incrustaciones.	
4	Anual	1. Pintar la caseta de cloración, puerta, ventanas. 2. Lubricar la chapa de la puerta y su candado.	
5	Según ocurrencia	1. Reparar las fisuras, grietas de las paredes, reconstrucción de losa, muro o techo en la caseta de cloración. 2. Realizar el cambio de los accesorios que se encuentren deteriorados en el tanque clorador.	

Fuente: Autor.

Tanque de almacenamiento

Es una estructura de concreto diseñada para acumular el agua que llega proveniente de la cloración, posterior a este paso se distribuye por gravedad a los respectivos hogares, también permite regular la presión en la etapa de distribución, obteniendo así la cantidad de agua suficiente para satisfacer la demanda de los consumidores (Koutoudjian, 2019).

Operación del tanque de almacenamiento

TABLA 9. Actividades de operación en el tanque de almacenamiento.

Número	Actividades
1	Abrir las válvulas de entrada de agua al reservorio y de salida a la red de distribución.
2	Al momento de realizar la limpieza y desinfección interna del tanque de almacenamiento, cerrar las válvulas de entrada de agua y de salida hacia la red de distribución.

Fuente: Autor.

Mantenimiento del tanque de almacenamiento

TABLA 10. Actividades de mantenimiento en el tanque de almacenamiento.

Número	Frecuencia	Actividades de mantenimiento	Materiales, herramientas y equipos de protección personal
1	Diaria	1. Inspeccionar que se encuentren cerradas las compuertas del tanque de almacenamiento y de la cámara de válvulas. 2. Revisar el candado de la tapa del tanque de almacenamiento que esté asegurado. 3. Corregir a tiempo las grietas o fugas 4. Revisar los sedimentos al fondo del tanque de almacenamiento.	Herramientas • Cepillo • Balde • Manguera • Llaves • Machete • Lampa • Brocha Materiales • Pintura anticorrosiva • Arena • Cemento
2	Cada mes	1. Realizar correctivos necesarios en el fondo del tanque en caso de existir grietas o fugas en la pared. 2. Notificar a una segunda persona sobre la actividad a realizar dentro del tanque de almacenamiento.	Equipo de protección personal. • Botas • Guantes • Overol de cuerpo entero • Mascarilla

		3. Limpiar las hierbas y malezas que se encuentran alrededor del tanque de almacenamiento. 4. Revisar las tuberías de ingreso y de salida del tanque de almacenamiento.	• Casco • Gafas protectoras
3	Cada año	1. Pintar la superficie exterior del tanque. 2. Pintar las escaleras metálicas de acceso al tanque y demás estructuras metálicas para evitar la corrosión.	
4	Cada 6 meses	1. Limpiar el material sedimentado del fondo del tanque 2. Programar de antemano la limpieza con la respectiva notificación a los usuarios.	

Fuente: Autor.

Red de distribución

La red de distribución está conformada por tuberías de distribución, sus accesorios y las respectivas conexiones domiciliarias a las cuales se transporta el agua potable apta para el consumo humano dirigida a los usuarios o los consumidores de la localidad (Sedapar, 2017).

Operación de la red de distribución

TABLA 11. Actividades de operación en la red de distribución.

Número	Actividades
1	Abrir las válvulas de salida del agua del tanque de almacenamiento y las válvulas de purga.
2	Una vez abiertas las válvulas de purga para la salida del agua, se deberá cerrarlas.
3	Observar que en las válvulas abiertas no existan filtraciones del agua que ocasionen formación de pozos o tierras acumuladas.

Fuente: Autor.

Mantenimiento de la red de distribución

TABLA 12. Actividades de mantenimiento en la red de distribución.

Número	Frecuencia	Actividades de mantenimiento	Materiales, herramientas y equipos de protección personal
1	Diario	1. Revisar si existe conexiones clandestinas. 2. Reparar las fugas en la tubería en caso de verificar su existencia.	Herramientas • Lampa • Brocha • Cepillo • Machete • Cinta para fugas • Sierras Materiales • Detergente biodegradable • Aceite lubricante • Cinta para fugas • Adhesivo Equipo de protección personal. • Guantes • Botas
2	Semanal	1. Inspeccionar el terreno para detectar posibles fugas en la tubería y humedad en el terreno. 2. Verificar las uniones de las tuberías en diferentes tramos de la misma. 3. Llevar un nivel adecuado de almacenamiento del agua en horas de la noche, en caso de no ser así verificar que la causa no sea por fugas, desperdicios en los hogares o diferentes usos domésticos.	
3	Cada 15 días	1. Abrir y cerrar las válvulas constantemente, usando aceite lubricante para evitar que se peguen.	
4	Mensual	1. Abrir las llaves de purga para eliminar los sedimentos de la tubería en horas de más bajo de consumo.	

Fuente: Autor.

Bibliografía

Conza, A., & Páucar, J. (2013). *Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable por gravedad sin planta de tratamiento en zonas rurales.*

https://www.academia.edu/16883404/AGUALIMPIA_Manual_Oy_M_Agua_Potable_rural_final

Fernández, A. (2012). El agua: Un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147-170.

<https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

García, E. (2009). *MANUAL DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE EN POBLACIONES RURALES.*

https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/GARCIA%202009.%20Manual%20de%20proyectos%20de%20agua%20potable%20en%20poblaciones%20rurales.pdf

Koutoudjian, J. (2019). *Operación de Plantas Potabilizadoras*.

<https://www.anisanic.org/documentos/Operacion-de-Plantas-Potabilizadoras-AIDIS-PANAMA.pdf>

MANCUERNA. (2013). *MANUAL DE ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN Y*

MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO.

http://www.mdgfund.org/sites/default/files/EDG_%20MANUAL_Guate_Administracion%20operacion%20y%20mantenimiento%20APS.pdf

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica de Diseño:*

Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1743222/ANEXO%20RM%20192-2018-VIVIENDA%20B.pdf.pdf>

Pérez, F. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial* (USTA).

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33276/9789588477923.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Perlman, H. (2017, agosto 29). *La Ciencia del Agua para Escuelas: Calidad del Agua*.

<https://water.usgs.gov/gotita/waterquality.html>

Sancho, S., & Aranda, M. (2010). CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN HUESCA. *Recien*, 1, 1-7.

Sedapar. (2017). *“AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE*

Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA LOCALIDAD DE CHUQUIBAMBA,

DISTRITO DE CHUQUIBAMBA, PROVINCIA DE CONDESUYOS,

DEPARTAMENTO Y REGIÓN DE AREQUIPA”. [https://www.sedapar.com.pe/wp-](https://www.sedapar.com.pe/wp-content/uploads/2018/02/Manual-operacion-agua.pdf)

[content/uploads/2018/02/Manual-operacion-agua.pdf](https://www.sedapar.com.pe/wp-content/uploads/2018/02/Manual-operacion-agua.pdf)

Torres, C., & Villanueva, S. (2014). *El filtro de arena lento: Manual para el armado, instalación y monitoreo*. (Primera Edición). <https://www.unipiloto.edu.co/wp-content/uploads/2013/11/El-filtro-de-arena-Lento-a-color-para-la-web.pdf>

USAID. (2016). *MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD*.

https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/USAID%202016.%20Manual%20operaci%C3%B3n%20y%20mantenimiento%20de%20agua%20por%20gravedad..pdf

Velásquez, J. (2021). *Guía para la operación y mantenimiento para sistemas de cloración por goteo*. <http://sial.municaj.gob.pe/documentos/guia-operacion-mantenimiento-sistemas-cloracion-goteo>