UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

TEMA:

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE "COLONSO" DEL CANTÓN TENA PROVINCIA DE NAPO.

AUTOR/A:

YAJAIRA GABRIELA MAZO VARGAS

DIRECTOR:

ING.RUBEN DARIO LEDESMA ACOSTA

Puyo– Ecuador

Julio 2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quien/es suscriben Yajaira Gabriela Mazo Vargas con C.I 1804739637, hace constar que es autor/a del Proyecto de Investigación/ Trabajo de Integración Curricular titulado:

Manual de operación y mantenimiento para la planta de tratamiento de agua potable "Colonso" del cantón Tena provincia de Napo, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Dr/Msc Rubén Darío Ledesma Acosta. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 16 días del mes de julio del 2021.



Yajaira Gabriela Mazo Vargas

C.I: 1804739637

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: “Manual de operación y mantenimiento para la planta de tratamiento de agua potable "Colonso" del cantón Tena provincia de Napo”

Firmado electrónicamente por:
LEO MAXIMILIANO RODRIGUEZ BADILLO

Msc: Leo Maximiliano Rodríguez Badillo

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
KAREM YAEL CAZARES CARRION

Msc: Karem Yael Cazares Carrión

Miembro del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
ANDREA DANIELA MEJIA LOPEZ

Dr/Msc. Andrea Daniela López Mejía

Miembro del Tribunal

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO

Quien suscribe el presente, M. Sc. Rubén Darío Ledesma Acosta, con CI: 1600431827, certifica que el Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: “Manual de operación y mantenimiento para la planta de tratamiento de agua potable "Colonso" del cantón Tena provincia de Napo.”, ha sido examinado a través del sistema Antiplagio URKUND y presenta un porcentaje de similitud del 8 %.

En el cantón Pastaza, a los 7 días del mes de julio de 2021.

Firmado electrónicamente por:
RUBEN DARIO
LEDESMA
ACOSTA

M. Sc. Rubén Darío Ledesma Acosta
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
/TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Yajaira Gabriela Mazo Vargas, declaro que el presente proyecto de investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes debidamente citadas y referenciadas.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.



YAJAIRA GABRIELA MAZO VARGAS

No. Cédula: 180473963-7

Agradecimiento

A Dios por permitirme estar presente en cada una de mis acciones tomadas, por guiarme en cada paso que doy y por permitirme gozar de salud y vida.

A mi padre Fabián Mazo por haberme dado la confianza y apoyo total, por haberme brindado la oportunidad de estudiar que me ha dado la fuerza y valor en momentos de dificultad.

A mi madre Inés Vargas por estar pendiente de mí y apoyarme siempre en cada una de mis etapas educativas y no educativas, sé que ella se siente orgullosa de verme triunfar.

A todas mis hermanas por ayudarme a sobrellevar los retos que se me han presentado a lo largo de la vida.

A mis tíos/as y primo/as que han aportado un granito de arena para poder culminar esta etapa con gran pasión.

A la prestigiosa Universidad Estatal Amazónica por permitirme haber estudiado y ser un profesional.

Al Msc. Rubén Ledesma por toda la colaboración brindada ya que cada una de las aportaciones y conocimientos adquiridos de su parte lograron llegar a la meta de este proyecto.

Agradezco a mis amigos/as por permanecer durante todo este tiempo, por apoyarme y aconsejarme durante toda mi carrera universitaria y por compartir conmigo momentos de dolor, risas, enojos, etc. Y por demostrarme que siempre podré contar con ellos/as.

Yajaira Mazo

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado primero a Dios y a cada uno de mis seres queridos que hicieron posible esta meta, a aquellos amigos que, a pesar de las circunstancias, la vida nos separó siempre estuvieron presentes dándome ánimo para no decaer, a mi padre y mi madre que han sido los pilares fundamentales ejemplo de motivación para saber tomar buenas decisiones y triunfar, a mi abuelita que desde el cielo esta orgullosa de la persona en la que me he convertido.

Yajaira Mazo

Resumen

El presente proyecto ha permitido elaborar un Manual de Operación y Mantenimiento para la planta de tratamiento de agua potable Colonso del cantón Tena provincia de Napo, para el cumplimiento de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 9001:2000 y la Norma INEN 1108: 2016-01 Quinta revisión "Agua Potable Requisitos" y basada en la gestión de los activos preventivo y correctivo. Mediante la problemática encontrada de que el agua no es altamente potable y eficiente para abastecer a la ciudadanía se realizó una verificación de las causas y efectos que estas generan se lo realizó mediante la investigación descriptiva y un árbol de problemas. Este trabajo permitió ejecutar las actividades que involucran la manipulación y obtener un excelente funcionamiento de la planta potabilizadora. El mismo que tuvo como base el diagnóstico de la planta y los resultados del análisis de la calidad del agua cruda y tratada basándonos en la investigación exploratoria cualitativa de investigación – acción y en diferentes estudios realizados anteriormente tomando como referencia el estudio de Juan Elizalde.

Para dicho manual, se manejó la investigación explicativa por medio de estrategias interpretativas y basadas en hechos ambientales. Se han establecido las actividades básicas de operación, así como las acciones de control y los trabajos de mantenimiento para las frecuencias diarias, semanales, quincenales, mensuales, trimestrales, semestrales, anuales y trienales, según la naturaleza de cada unidad operativa.

Palabas clave: operación, mantenimiento, potable, diagnosticar, manual, planta de tratamiento, normativa, agua cruda, agua tratada

Abstract

This project has allowed the development of an Operation and Maintenance Manual for the Colonso drinking water treatment plant in Tena canton, Napo province, to comply with the Ecuadorian Technical Standard NTE INEN-ISO 9001:2000 and INEN Standard 1108: 2016-01 Fifth revision "Drinking Water Requirements" and based on the management of preventive and corrective assets. Through the problem found that the water is not highly potable and efficient to supply the citizens, a verification of the causes and effects that these generate was performed through a descriptive research and a problem tree. This work made it possible to carry out the activities involved in handling and obtaining an excellent operation of the water treatment plant. It was based on the diagnosis of the plant and the results of the analysis of the quality of the raw and treated water, from the qualitative exploratory research of the action-research and different studies carried out previously, taking as a reference the study of Juan Elizalde.

For this manual, explanatory research has been used through interpretative strategies based on environmental facts. Basic operation activities have been established, as well as control actions and maintenance work for daily, weekly, fortnightly, monthly, quarterly, semi-annual, annual and triennial frequencies, according to the nature of each operation unit.

Key words: operation, maintenance, potable, diagnosis, manual, treatment plant, regulations, raw water, treated water.

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

1.1 Introducción 1
1.2 Planteamiento del problema 2
1.3 Objetivos 4
1.3.1 Objetivo general 4
1.3.2 Objetivos Específicos 4
1.4 Justificación 4
CAPITULO II 6
2.1 Marco conceptual 6
2.1.1 Agua dulce 6
2.1.2 Agua potable 6
2.1.3 Agua superficial 6
2.1.4 Agua subterránea 6
2.1.5 Afluente 7
2.1.6 Efluente 7
2.1.7 Calidad del agua. 7
2.1.8 Manual de operación y mantenimiento 7
2.2 Marco teórico 8
2.3 Funcionamiento general de una planta de potabilización de agua potable 8
2.4 Sistemas de agua captada, distribuida en la prestación del servicio. 10
2.5 Mantenimiento 11
2.5.1 Sistema de gestión de mantenimiento 11
2.5.2 Mantenimiento preventivo 12

2.5.3 Mantenimiento correctivo 12
2.5.4 Mantenimiento de emergencia 12
2.6 Tipos de gestión de mantenimiento 12
2.6.1 Mantenimiento productivo total (TPM) 13
2.6.2 Mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) 13
2.6.3 Mantenimiento basado en el manejo de activos 14
2.7 Marco legal. 15
2.7.1 Constitución de la República del Ecuador 15
2.7.2 Gestión de Agua Potable, Saneamiento, Riego y Drenaje 18
2.7.3 Estrategia Nacional De Calidad Del Agua 20
2.7.4 Ministerio del Ambiente y Agua 20
2.7.5 Normas NTE-INEN-ISO 9001 21
2.7.6 Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 21
CAPÍTULO III 26
3.1 Localización del área de estudio 26
3.2 Área de localización de la PTAP 26
3.3 Mapa de ubicación de la zona de estudio 26
3.4 Tipo de investigación 27
3.5 Metodología de la investigación 28
3.5.1 Metodología para el primer objetivo, el diagnóstico del actual sistema de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable “Colonso” de la ciudad de Tena. 28
3.5.2 Metodología para el segundo objetivo, evaluar la calidad de agua para el tratamiento de la planta. 28
3.5.3 Metodología para el tercer objetivo, elaborar un manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable “Colonso”. 29
3.6 Técnicas de Investigación 29
CAPITULO IV 30
4.1 Análisis de Resultados 30
4.2 Sistema de mantenimiento actual de la planta de tratamiento de agua potable de Tena. 30

4.3 Diagnóstico de operatividad y manejo de la planta 32
4.3.1 ¿Qué ocasiona que el agua del Cantón Tena no sea altamente potable y eficiente para abastecer a la ciudadanía? 35
4.3.2 Criterios de Evaluación de la Gestión de Mantenimiento 37
4.3.3 Planificación del Sistema de Gestión de Mantenimiento de las unidades operativas de la planta de tratamiento 40
4.4 Situación actual del sistema de agua potable en Tena 44
4.5 Descripción del funcionamiento actual del sistema de tratamiento de agua potable. 45
4.5.1 Primera etapa: Captación 45
4.5.1.3 Desarenado 47
4.5.1.4 Tanque reservorio 48
4.5.2 Segunda etapa: Tratamiento 48
4.5.2.2 Floculación 49
4.5.2.4 Filtración 51
4.5.3 Tercera etapa: Distribución 51
4.6 Sistema de mantenimiento actual de la planta de tratamiento de agua potable de Tena 51
4.7 Mantenimiento a implementar en la planta de tratamiento de agua potable de Tena 52
4.7.1 Selección del tipo de mantenimiento 52
4.7.2 Selección de la gestión de mantenimiento para la planta de tratamiento de agua potable de Tena 53
4.8 Evaluación de la calidad de agua antes y después del tratamiento 55
4.9 Manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable de Tena 56
CAPÍTULO V 58
5.1 Conclusiones 58
5.1.1 Del diagnóstico de la planta de tratamiento de agua potable “Colonso” del cantón Tena 58
5.1.2 De la evaluación de calidad del agua antes y después del tratamiento 58
5.1.3 De la elaboración del Manual de Operación y Mantenimiento de la

planta de tratamiento de agua potable “Colonso” de Tena 59

5.2 Recomendaciones 60

Bibliografía 62

MANUAL DE OPERACIÓN, CONTROL Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE “COLONSO” – TENA 74

1. OBJETIVO 74
2. ALCANCE 75
3. MARCO LEGAL Y REGLAMENTARIO 75
4. RESPONSABILIDAD 75
5. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS UNIDADES 75

Actividades Básicas 76

Actividades Operativas 76

5.1. Alimentación 76

5.2. Tratamiento y potabilización 83

5.3. Floculador de Flujo Horizontal 85

5.4. Sedimentador 87

5.5. Almacenamiento y Distribución 95

5.6. Grupo de reparación 102

6. Recomendaciones de Seguridad 103

6.1. Medidas generales de seguridad 103

6.2. Asistencia médica y de primeros auxilios 103

6.3. Protección personal 104

6.4. Manejo de herramientas 105

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de la planta de tratamiento de agua potable Colonso-Tena (Muyuna) 26

Figura 2. Dosificador 31

Figura 3. Porta sensores de cloro residual. 31

Figura 4. Módulo de electroválvulas de aire 32

Figura 5 Compuerta de limpieza hidráulica a la entrada. 33
Figura 6 Laboratorio de análisis de calidad de agua..... 33
Figura 7 Lodos del desagüe 34
Figura 8 Árbol de problemas de la gestión de la planta de tratamiento de agua potable de Tena..... 35
Figura 9. Polígono inicial de Gestión de Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Tena (Fuente: Propia 2021) 39
Figura 10. Diagrama de flujo del sistema actual de tratamiento de agua potable de la planta "Colonso"..... 45
Figura 11. Esquema de la captación del río Colonso..... 46
Figura 12. Esquema del desarenador de la planta de tratamiento de agua del río Colonso..... 48
Figura 13. Esquema de los floculadores de la planta de tratamiento de agua del río Colonso. 50
Figura 14. Esquema de los sedimentadores de la planta de tratamiento de agua del río Colonso. 50
Figura 15. Control de Mantenimiento 54
Figura 16. Esquema del Manual de Mantenimiento..... 57

Índice de tablas

Tabla 1. Sistemas básicos de una planta de tratamiento de agua potable. 9
Tabla 2. Características físicas, sustancias inorgánicas y radioactivas..... 21
Tabla 3. Sustancias orgánicas 23
Tabla 4. Sustancias orgánicas 23
Tabla 5. Residuos de desinfectantes. 24
Tabla 6. Cianotoxinas 24
Tabla 7. Requisitos microbiológicos. 25
Tabla 8. Criterios de evaluación 37
Tabla 9. Formulario de evaluación para el diagnóstico de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Tena. 37
Tabla 10. Evaluación de la fase de procesamiento de datos. Codificación de Activos Propuesta. 41

Tabla 11. Requerimientos del mantenimiento preventivo. 42

Tabla 12. Análisis físico-químico y microbiológico del agua con y sin tratamiento en la planta de Colonso en días calurosos/soleados 55

Tabla 13. Análisis físico-químico y microbiológico del agua con y sin tratamiento en la planta de Colonso en días lluviosos. 56

Índice de Anexos

Anexo 1. Formato de orden de trabajo para mantenimiento de las unidades operativas de la Planta de Tratamiento de Agua Potable “Colonso” de la ciudad de Tena 69

Anexo 2. Formato de inventario de equipo de la Planta de Tratamiento de Agua Potable “Colonso” de la ciudad de Tena 70

Anexo 3. Formato para el Historial de mantenimiento de los equipos, máquinas y estructuras de la Planta de Tratamiento de Agua Potable “Colonso” de la ciudad de Tena 71

Anexo 4. Formato de Ficha Técnica de los equipos de la Planta de Tratamiento de Agua Potable “Colonso” de la ciudad de Tena..... 72

Anexo 5. Manual de operación, control y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable “Colonso” – Tena 74

CAPÍTULO I

1.1 Introducción

El agua es uno de los elementos más abundantes de la naturaleza, esta cubre aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie de la tierra, sin embargo, este recurso se limita para el consumo humano. (Fernández, 2012)

Históricamente el desarrollo de las civilizaciones se ha visto marcada por grandes retos que implicaba la gestión del agua. En los últimos años, el mundo entero ha venido observando una serie de inquietudes, analizando y tratando de resolver los problemas relacionados con el tratamiento de aguas tanto residuales como potables. Por esto el abastecimiento de agua constituye un escalón importante en el desarrollo de las regiones y países o de las poblaciones que habitan ahí mismo, mencionando que un sistema de agua potable correctamente diseñado conlleva a respuestas positivas en la calidad de vida de las personas y su alrededor. (Montalvo, 2013).

De aquí surge la aplicación de técnicas orientadas al uso adecuado del recurso hídrico y, a su vez, un adecuado tratamiento y disposición final de los residuos generados por el uso del mismo; siendo necesario planificar y ejecutar una correcta operación y mantenimiento de cada uno de los procesos que forman parte de una planta de tratamiento de agua potable. (Freire Chafla, 2016)

En vista que se necesita una buena conducción y operación del líquido vital que abastece a la planta de tratamiento de agua potable, se presenta el Manual de Manejo y Operaciones para la Planta de Tratamiento agua potable de “Colonso” de la ciudad del Tena. (Montalvo, 2013).

La presente propuesta va dirigida al personal encargado de la operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua. Este manual presenta las pautas para mantener correctamente el servicio de agua potable, con el objetivo de dotar de agua tratada adecuadamente y, además, prolongar la vida útil de los componentes del sistema y disminuir gastos en reparaciones. En la operación se efectuarán acciones adecuadas y oportunas, para dar un flujo de procesos continuo y eficiente en todas las etapas de tratamiento del agua en esta planta, según las especificaciones de diseño. Con el propósito de prevenir o corregir daños desde la captación hasta cada uno de los procesos, se

desarrollan dos tipos de mantenimiento: el primero, evita el mal funcionamiento y, el segundo, repara los daños causados por acciones extrañas o imprevistas o, a su vez, el deterioro por su uso. (Montalvo, 2013).

Finalmente, se reúne información sobre limpieza y desinfección de la captación y sus derivados de la planta, estableciendo la frecuencia y periodicidad de la misma; los trabajos a realizar, las herramientas y materiales necesarios para la operación y el mantenimiento de los procesos necesarios para la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable. (Freire Chafla, 2016)

1.2 Planteamiento del problema

Según Elizalde, (2015) el cantón Tena perteneciente a la provincia de Napo, cuenta con un servicio de agua potable deficiente, ya que, la calidad de tratamiento del líquido pone en riesgo la salud y la calidad de vida de los habitantes. De acuerdo a un estudio realizado para la implementación de un laboratorio en dicha planta de tratamiento, se establece el problema que "cuando el servicio de agua potable no garantiza la calidad, se afecta gravemente la calidad de vida, especialmente de niños, niñas y adolescentes quienes se hacen vulnerables por enfermedades y perdida de entornos adecuados para su desarrollo, lo que conlleva a identificar claramente que existe un problema en el tratamiento de dicha agua no apta para el consumo humano." (Elizalde, 2015). Según estudios realizados por Juan Elizalde en una propuesta de Rediseño y Repotenciación del laboratorio de control de calidad de agua, se menciona que el líquido vital no es netamente potable y a más de ello no llega a cierta parte a la ciudad de Tena, ya que sólo cubre un 89% del total de la población y el resto de suministra con tanqueros y botellones de agua. (Banco de Desarrollo Del Ecuador., 2019).

Por tal motivo, es importante tomar en cuenta el funcionamiento que tenga la planta para saber su capacidad de provisión, así como también es preciso mencionar que cuando aumenta el caudal en períodos de precipitaciones, existen contratiempos al manejo y operatividad del agua potable para distribuirla en la ciudad. La principal circunstancia que origina este problema es la falta de cronogramas de mantenimiento preventivo y correctivo, tal como lo menciona el jefe del departamento de Agua Potable y Saneamiento Ambiental (Navarrete, 2020), además del desinterés en el control de la planta por parte de las altas autoridades pertinentes, tomando en cuenta las fases que

regulan dicho tratamiento.

La falta de un diagnóstico y evaluación adecuadas de todo el sistema de agua potable conlleva a un arduo estudio, monitoreo y revisión constante del agua. Teniendo en cuenta que esto no se ejecuta al punto de no contabilizarla, dividiéndola en diferentes redes de distribución en varios sectores y subsectores, el agua potable no llega como tal a los hogares de la ciudad. Adicional a este percance, el presupuesto operativo anual no está ajustado a las necesidades de la planta de tratamiento. (Navarrete, 2020).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento "Colonso", por medio de un modelo continúo de gestión para ejecutar las actividades que involucran la manipulación y obtener un excelente funcionamiento de la planta (PTAP).

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual en la operatividad y el manejo de la planta de tratamiento.
- Evaluar la calidad del agua antes y después de la planta de tratamiento con muestras realizadas por la GAD Municipal de Tena con normativa vigente y pronosticar soluciones cronológicas.
- Elaborar un manual de operación y mantenimiento mediante modelo continuo de gestión basado en indicadores explicativos ambientales para el adecuado funcionamiento de la planta.

1.4 Justificación

En la actualidad, la mayoría de las ciudades en el Ecuador cuentan con plantas de tratamiento de agua potable, con esto se ve reflejada la importancia que tiene un manual para la operación y mantenimiento de una planta, esta permite y facilita a los usuarios la validez y confiabilidad en la ejecución de sus trabajos y servicios. (Elizalde, 2015)

La importancia de la implementación de manuales de operación que permite estandarizar las diferentes áreas de la planta de tratamiento de agua potable, así como manuales de mantenimiento que reflejan política, organización, procedimientos de trabajo y control del área de la PTAP, constituyen el medio que facilita una acción planificada y eficiente de la operatividad de estas. (Vivanco, 2017)

La importancia que tiene el implementar un Manual de Operación y Mantenimiento, queda demostrada mediante un sistema de gestión de calidad que garantice todo resultado en la obtención de agua potable, más aún en su Laboratorio de Análisis de Calidad al fundamentar su trabajo por medio de la Norma INEN 1108: Agua Potable-Requisitos. (Elizalde, 2015)

El presente trabajo se enfoca tanto en la operatividad y manejo del agua potable de la planta de tratamiento “Colonso” de la ciudad de Tena, como también en el instrumento utilizado para determinar el mantenimiento preventivo y correctivo de la misma, orientado a afrontar los recientes y futuros cambios climáticos a nivel local, nacional y mundial, a fin de lograr una distribución y canalización apta para el consumo humano y oportuna al momento de obtenerla. (Elizalde, 2015)

De igual manera, el personal técnico encargado de la planta tendrá un instrumento fundamental para mejorar el desempeño y realizar diferentes funciones con la seguridad de hacerlo bajo la guía de un documento que avale todo su servicio, al tiempo que les permitirá generar agua de excelente calidad para toda la localidad que depende de su trabajo. (Elizalde, 2015)

Esta investigación se realiza con el fin de proporcionar directrices para un correcto y óptimo funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad, para que los habitantes consuman agua potable continua y de calidad. El manejo adecuado del tratamiento de agua permitirá brindar un producto vital saludable a la ciudadanía la cual se sentirá más confiada y segura de hacer uso de este en sus diversas actividades: agrícola, ganadera, comercial y de servicio doméstico. (Elizalde, 2015)

CAPITULO II

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Agua dulce

Agua que se encuentra naturalmente en la superficie de la Tierra en capas de hielo, campos de hielo, glaciares, icebergs, humedales, lagunas, lagos, ríos, bajo la superficie como agua subterránea, en acuíferos, corrientes de agua subterránea y en la red de distribución de agua potable construida por el ser humano. El agua dulce se caracteriza generalmente por tener una baja concentración de sales disueltas y un bajo total de sólidos disueltos. El término excluye específicamente agua de mar y salobre, aunque sí incluye las aguas ricas en minerales, tales como las fuentes de agua ferruginosa. (United Nations Water, 2016)

2.1.2 Agua potable

Agua de consumo inofensivo, es decir, que no ocasiona ningún tipo de riesgo a la salud cuando se consume durante su período de vida. Debe ser trasparente e inodora, fresca y agradable. Debe contener algunos gases, especialmente aire y sales disueltas en pequeñas cantidades. No debe poseer materias orgánicas, gérmenes patógenos ni sustancias químicas. (Organización Mundial de la Salud, 2013).

2.1.3 Agua superficial

Son todas las aguas que se encuentran en la superficie del suelo. Son producidas por la escorrentía generada por las precipitaciones y por la captación de aguas subterráneas. Pueden presentarse como corrientes de agua que se mueven en una dirección como son los ríos y los manantiales; o como aguas en calma o quietas como los lagos. (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C, 2021)

2.1.4 Agua subterránea

Son todas las aguas situadas debajo de la superficie de la tierra. Se producen por la infiltración del agua precipitada a través de suelos permeables y/o fracturas en formaciones rocosas. Al filtrarse, se acumulan en formaciones geológicas capaces de almacenar, transmitir y proporcionar cantidades aprovechables de agua, como los acuíferos o bien en formas rocosas erosionadas como los cenotes. (Fondo para la

Comunicación y la Educación Ambiental, A.C, 2021)

2.1.5 Afluente

Un afluente pertenece a un curso de agua, también llamado tributario, son ríos secundarios, no desembocan en el mar, estos se unen en una zona de confluencia a otros ríos transcendentales donde desemboca. (Wikipedia, 2021)

2.1.6 Efluente

Lo contrario de un afluente es un efluente o distributario, es decir, una derivación (natural o artificial) que se desprende fuera de la corriente principal de un río mayor a través de otro menor. Este término es usado para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos con más frecuencia artificialmente. es decir, de una derivación, acequia o canal que se utiliza con fines de regadío o de abastecimiento de agua en zonas respectivamente alejadas del cauce del río principal. (Wikipedia, 2021)

2.1.7 Calidad del agua.

La calidad del agua se precisa por las características físicas, químicas, biológicas, microbiológicas y radiológicas que se evalúan a través del análisis de diversos parámetros cuyos resultados se comparan con valores de referencia que dependen del uso, aprovechamiento del agua y de la conservación de los ecosistemas. La estimación de la calidad del agua es un proceso de orientación variada que estudia la naturaleza del agua con analogía a la calidad originaria, efectos humanos y acuáticos relacionados con la salud. (Organización Mundial de la Salud, 2013)

2.1.8 Manual de operación y mantenimiento

Un manual de mantenimiento es un documento técnico que describe las normas, la organización y los procedimientos que se utilizan en una empresa para efectuar la función de mantenimiento. Donde en cada una de las etapas se describen los procedimientos y las operaciones necesarias para administrar el proceso de mantenimiento de una forma amplia. (Albornoz, 2019).

2.2 Marco teórico

El agua ocupa el 75% de la superficie de la superficie del planeta Tierra, de ahí el 97.5% es agua salada (1,386 millones de km³) y sólo el 2.5% es agua dulce (35 millones de km³), sólo el 0.007% está disponible para consumo humano (245 mil km³) sabemos que el 69,7% del agua dulce está congelada en los polos y/o glaciares, el 30% está enterrada bajo la superficie en acuíferos y el 0,3% en los ríos y los lagos. El problema de la disponibilidad del recurso se debe a la poca cantidad de agua dulce que existe en el planeta. (Carrión, 2020).

En el Ecuador existen de 251 GAD municipales que proporcionan información, con 461 plantas potabilizadoras en 192 GAD municipales. De acuerdo a la política nacional de Agua y saneamiento, el 33% no disponen de agua potable y el 43% no dispone de la red de alcantarillado. Un dato interesante y algo desagradable es que, en la sierra se tiene 49,67%, en la Costa 20,39%, la Amazonía posee 29,28% y la Región Insular el 0,65% restante. (Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos - INEC, 2016).

En la Región Sierra existen 229 plantas de tratamiento de agua potable, en la Región Costa 94, en la Región Amazonía 135 y en la Región Insular 3.

El 74.42% de los GAD cumplen con la norma del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN 1108, que establece los requisitos de calidad de agua para consumo humano. La Amazonía cumple mayoritariamente en un 80,49%. (Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos - INEC, 2016)

2.3 Funcionamiento general de una planta de potabilización de agua potable

Una planta de potabilización tiene como objetivo principal la obtención de agua de cualquier fuente (ríos, lagos, lagunas, deshielos, vertientes, etc.), el tratamiento de aguas crudas provenientes de cualquier recurso hídrico y su futura distribución a la población.

Las áreas principales de una planta de tratamiento de agua potable son:

- Captación del recurso hídrico
- Primer Bombeo (de ser necesario por las cotas del proyecto)
- Lagunas de reserva y sedimentación

- Planta de tratamiento (potabilización)
- Bombeo de agua tratada (de ser necesario por las cotas del proyecto)
- Tanque de carga

Este conjunto de operaciones unitarias que conforman una planta de potabilización está dispuesto de tal manera que la purificación del agua se realice de una manera eficiente, así como las obras de infraestructura civil deben estar construidas bajo la norma CPE-INEN 5 parte 9-1 "Normas para estudio y diseño de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes" y la norma CPE-INEN 5 parte 9-2 "Diseño de instalaciones sanitarias: código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural"

Los procesos de potabilización del agua pueden ser físicos o químicos y estos dependen de la calidad del agua del afluente y de la zona de implementación.

En la **Tabla *1***, se presenta la definición de cada uno de los sistemas que conforman una planta de tratamiento, desde la captación, hasta la distribución en los tanques de carga.

Tabla 1.

Sistemas básicos de una planta de tratamiento de agua potable.

Sistema/Operación Unitaria	Descripción
Captación	Se entiende por captación al punto o puntos de origen de las aguas para un abastecimiento, así como las obras de diferente naturaleza que deben realizarse durante su recogida. Las captaciones de aguas superficiales pueden ser: de agua de lluvia (pluviales), de arroyos y ríos, de lagos o embalses. (Pérez de la Cruz, 2011)
Estación de Primer Bombeo	Una estación elevadora, a veces llamada estación de bombeo, se utiliza cuando el agua captada tiene que ser movida de un nivel bajo a un nivel superior, con el fin de que fluya a través de la infraestructura del sistema de drenaje o donde la topografía no permite el flujo por gravedad (BioAmp, 2021)
Laguna de Reserva y Pre sedimentación	Son piscinas que tienen profundidades menores a 5 metros en las que el agua tiene un período de

Sistema/Operación Unitaria	Descripción
	tiempo determinado para que los sólidos más densos que el agua, por gravedad, se depositen en el fondo de la piscina. (BioAmp, 2021)
Planta de Potabilización	Es el lugar donde, a través de diferentes procesos, se transforma el agua en apta para el consumo humano, también llamada agua potable. (Estaciones Depuradoras S.A., 2021)
Estación de Segundo Bombeo	De ser necesario, por motivos de cotas del proyecto, puede requerirse una estación de bombeo para la conducción del agua tratada desde la planta de potabilización hacia el tanque de carga o subestaciones de distribución. (BioAmp, 2021)
Tanque de Carga	Estructura a donde se dirige el agua ya tratada para su distribución por gravedad o impulsada por estaciones de bombeo hacia la población.

Fuente: Varios

2.4 Sistemas de agua captada, distribuida en la prestación del servicio.

El 96,74% de los GAD Municipales cuentan con sistemas de medición en la captación del agua y el 56,28% en el proceso de distribución del agua. (Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos - INEC, 2016). En la ciudad de Tena el 56.8% tiene cobertura de la red pública de agua potable, a su vez un 43.2% cuenta con cobertura del sistema de alcantarillado.

Las aguas, tanto residuales como para uso y consumo, son medios de contaminación causantes de enfermedades. Arroyo menciona que existen enfermedades causadas por bacterias, virus y hongos provenientes del agua. En un estudio realizado en Quinindé - Esmeraldas con una muestra de 67 familias se encontró que el 73% de las casas estaban en buen estado, el 100% de la comunidad no cuenta con servicio de alcantarillado, y que, aunque existe planta potabilizadora de agua, el 26% obtiene el agua de otras fuentes, el 67% de la población no trata el agua para su consumo, el 49% de la población ha presentado cuadros diarreicos asociados al consumo de agua y el 49% han presentado dermatitis por efecto del agua. (Arroyo, 2018)

2.5 Mantenimiento

Se define como mantenimiento al procedimiento de acciones destinadas a lograr tratamientos a efectos que el paso del tiempo o el uso no lo deteriore y que las instalaciones o equipos conserven la capacidad para entregar las funciones o resultados debidos. El mantenimiento tiene que ver esencialmente con las siguientes actividades:

- Aplazamiento de la vida útil de los varios elementos del sistema de agua potable.
- Eliminación de aquello que perjudique el funcionamiento de instalaciones y equipos.
- Limpieza y clasificación en general.
- Renovación, arreglo o regeneración de elementos fuera de orden.

El aplazamiento la eliminación y la limpieza corresponden al mantenimiento preventivo, y la renovación corresponde al mantenimiento correctivo. Lo fundamental será que el sistema se sujete siempre a mantenimiento preventivo más, sin embargo, también se debe establecer parámetros para el mantenimiento correctivo dado que, por diversas razones, incluida la culminación de la vida útil de piezas y equipos; siempre ocurrirán daños cuya reparación deberá ser atendida de forma inmediata. (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tena, 2010).

2.5.1 Sistema de gestión de mantenimiento

Desde la creación de las herramientas y máquinas se estableció la necesidad de realizar mantenimientos para que estas sean eficientes en los trabajos para las que fueron creadas o para producir bienes de mejor calidad.

El sistema de gestión de mantenimiento dentro de cualquier empresa (pública o privada) debe estar implantado de tal manera que exista un adecuado manejo de los equipos e información, para obtener eficiencia y calidad en el producto ofertado al consumidor o el servicio entregado a la sociedad.

La buena gestión de equipo, infraestructura, recursos humanos, trabajo y control provocará que el desarrollo dentro de la empresa tenga un crecimiento gradual y constante, mismo que permitirá alcanzar metas productivas cada vez más grandes dentro

del ámbito industrial. (Albornoz, 2019)

2.5.2 Mantenimiento preventivo

Consiste en una serie de acciones de conservación que se realizan con una frecuencia determinada tanto en instalaciones, como en equipos, mismas que están orientadas a evitar, dentro de lo posible, que se produzcan daños o averías que podrían ser de difícil y costosa reparación o que ocasionen interrupciones prolongadas del servicio. (Albornoz, 2019)

2.5.3 Mantenimiento correctivo

Consiste en las reparaciones que se ejecutan para corregir cualquier daño que se produzca en las instalaciones y equipos del sistema y que no haya sido posible evitar con el mantenimiento preventivo. El desgaste y deterioro normal de los diferentes elementos de los sistemas, ocasiona también la necesidad de efectuar reparaciones mayores, efectuadas por personal técnico especializado o inclusive, la reposición de algunas piezas o equipo determinados. Para esto se contará con repuestos, equipos, herramientas, talleres y bodegas. (Albornoz, 2019)

2.5.4 Mantenimiento de emergencia

Es el conjunto de acciones que se realizan cuando el sistema o equipos han sufrido daños por causas imprevistas o súbitas ocasionadas por el hombre o la naturaleza, que afecten a las obras y que requieren solución rápida. (Albornoz, 2019)

2.6 Tipos de gestión de mantenimiento

La estandarización y regulación de los sistemas de gestión tiene como resultado el mejoramiento continuo por medio de un método que permita realizar una retroalimentación de la información obtenida mediante los procesos de gestión. El caso de la gestión de mantenimiento obtiene esta retroalimentación de la información y datos de diferentes catálogos, manuales de uso, registros e informes de mantenimiento, manejo del personal y de su correcta preparación. Posterior a la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento, una parte fundamental es el control de la ejecución de este.

Existen varios métodos de gestión de mantenimiento y su implementación viene

dictada por la necesidad de la empresa o industria. Cada sistema tiene sus particularidades, ventajas y desventajas, así como metodologías definidas como las siguientes:

- Mantenimiento productivo total (TPM).
- Mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM).
- Mantenimiento basado en el manejo de activos.

2.6.1 Mantenimiento productivo total (TPM)

El mantenimiento productivo total TPM por sus siglas en inglés (Total Productive Maintenance), nació en Estados unidos y tiene como base los conceptos de mantenimiento preventivo desarrollados en la década del cincuenta: Actividades de revisión parcial que se realizan de forma planificada. La forma planificada de este tipo de mantenimiento requiere de una programación teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante y el registro histórico de averías de los equipos.

Como una evolución en esta planificación periódica, se incorporan los conceptos de mejoramiento de los equipos, a fin de evitar que se produzcan fallas, aprovechando el conocimiento y experiencia del operario. Como resultado de esto, nace un plan de mantenimiento relacionado con mejoras incrementales.

El TPM entonces es una metodología de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista del sistema, equipos y operaciones mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes y participación total de los involucrados. (Salazar López, 2021)

2.6.2 Mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM)

El mantenimiento centrado en la fiabilidad o confiabilidad (Reliability Centred Maintenance - RCM), es un método estructurado para establecer la mejor estrategia de mantenimiento, con el objeto de definir un proceso sistemático de análisis que garantice la confiabilidad y seguridad de la operación del equipo o sistema con el menor costo posible. Esta metodología reúne de manera equilibrada las mejores técnicas de mantenimiento: correctiva, preventiva y predictiva.

El objetivo fundamental de la implantación de un RCM en una planta industrial

es aumentar la fiabilidad de la instalación, es decir, disminuir el tiempo de parada de la planta por averías imprevistas que impidan cumplir con las proyecciones de producción. Otros objetivos son: aumentar la disponibilidad, es decir, la proporción del tiempo que la planta está en disposición de producir, y disminuir al mismo tiempo los costos de mantenimiento.

Un sistema basado en la fiabilidad debe tener en cuenta que todos los equipos, máquinas y mecanismos que se emplean dentro del proceso de fabricación deben estar en un estado de desempeño óptimo, lo que se traduce en una producción con un mínimo de desperfectos o, dicho de otra manera, minimizar las pérdidas dentro de la producción.

Para implementar un sistema RCM, se debe tener en cuenta factores como: las diferentes normas o reglamentos locales y/o nacionales, cambios climáticos, tipo de producción y estándares de calidad; pero el factor considerado como prioridad es la falla a la que cualquier mecanismo está expuesto. (Viveros, Stegmaier, Kristanpoller, Barbera, & Crespo, 2021)

2.6.3 Mantenimiento basado en el manejo de activos

Todo equipo o maquinaria en una empresa está sujeto a un mejoramiento, potenciación o repotenciación en el rendimiento y alargue de su vida útil, así como a su depreciación. Lo primero ocurre cuando al equipo se lo evalúa y se implementa un sistema de gestión de mantenimiento para garantizar un funcionamiento adecuado. Dicho esto, se entiende como activo a todo equipo que se use dentro de la fabricación como: inmuebles, edificaciones, maquinaria y demás que estén dentro de la producción de un bien o servicio. (Sánchez Rodríguez, 2010)

Como los demás sistemas de mantenimiento, este no es la excepción y su metodología de uso es la de integrar a todos los niveles operacionales o áreas de trabajo para tener dentro de la empresa una gestión de activos adecuada y, por ende, un mejor de planes de mantenimiento adecuado. Al hablar de gestión de activos, se debe tener claro el ciclo de vida de los equipos y herramientas, este ciclo muestra cómo la gestión de activos organiza el mantenimiento de varios puntos estratégicos dentro de este sistema.

El tipo de mantenimiento muestra cómo la adquisición de maquinaria y el subsecuente reemplazo del trabajo manual, tiene un impacto directo en las estrategias de

mantenimiento y lleva directamente a tener costos adicionales por este servicio. Un equipo con un mantenimiento adecuado hace que la producción sea continua y se tenga una ganancia en la que se ve compensado este costo adicional. (Tavares, 2011)

2.7 Marco legal.

2.7.1 Constitución de la República del Ecuador

Capítulo segundo: Derechos del buen vivir

Sección primera (Agua y alimentación)

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. (República del Ecuador, 2011)

Sección segunda

Ambiente sano

n Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

TITULO II

DERECHOS

Capítulo primero

Principios de aplicación de los derechos.

Art. 10.- Las personas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos son titulares y gozarán de los derechos garantizados en la Constitución y en los instrumentos internacionales. La naturaleza será sujeto de aquellos derechos que le reconozca la Constitución.

Sección séptima

Salud

Art. 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

Capítulo sexto

Derechos de libertad

El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios.

Capítulo cuarto

Régimen de competencias

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

TITULO VI

REGIMEN DE DESARROLLO

Capítulo primero

Principios generales

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de

calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

Sección octava.

Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales.

Art. 385.- El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad:

1. Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.
2. Recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales.
3. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.

Capítulo segundo

Biodiversidad y recursos naturales

Sección primera

Naturaleza y ambiente

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.
3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la

planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.

4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

En el manual administrativo para la gestión comunitaria de sistemas de agua en el Capitulo1 La Organización.

Art. 318.- La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias. El Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos, mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios.

2.7.2 Gestión de Agua Potable, Saneamiento, Riego y Drenaje

Unidad Responsable: Subsecretaría de Agua Potable, Saneamiento, Riego y Drenaje.

Misión:

Coordinar la gestión del riego y drenaje, agua potable y saneamiento que coadyuven a la prestación del servicio de los Gobiernos Autónomos Descentralizados y de los prestadores del servicio públicos y comunitarios; en términos de eficiencia, cobertura y costo, que aseguren el desarrollo de las actividades productivas, así como se garantice el acceso a agua de calidad. (Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador MAAE, 2021)

Atribuciones y Responsabilidades:

a) Elaborar la política pública relativa a la gestión del agua potable y saneamiento

b) Emitir la normativa relacionada con los servicios de agua potable y saneamiento
c) Formular planes, programas y proyectos para gestión de agua potable y saneamiento,
d) riego y drenaje (Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador MAAE, 2021)

Gestión de Agua Potable y Saneamiento Zonal

1. Informe de evaluación del plan de gestión de riesgos para la infraestructura de agua potable y saneamiento;
2. Informe seguimiento a la implementación de la Política pública, estrategias, lineamientos técnicos y normativa de agua potable y saneamiento.
3. Informes de liquidación de proyectos de agua potable y/o saneamiento
4. Informes sobre los conflictos técnicos o administrativos de las juntas directoras de agua potable y saneamiento.
5. Informes competentes de fortalecimiento a los prestadores de servicio público y comunitario mediante apoyo técnico en el contorno de agua potable y saneamiento;
6. Informes técnicos para otorgar personería jurídica a las juntas administradoras de agua potable y saneamiento;
7. Informes técnicos para la aprobación de planes de mejora de los Gobiernos Autónomos Descentralizados y juntas administradoras de agua potable y saneamiento;
8. Informe técnico de pertinencia sobre planes de mejora de los Gobiernos Autónomos Descentralizados y juntas administradoras de agua potable y saneamiento
9. Informe técnico de pertinencia de viabilidad técnica para los proyectos de agua potable y/o saneamiento que se canalicen a través de los gobiernos autónomos descentralizados municipales;
10. Informe técnico de pertinencia de términos de referencia (TDR) para los proyectos de agua potable y/o saneamiento que presenten los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales;
11. Informe de asesoría de estudios de agua potable y/o saneamientos

formulados con los gobiernos autónomos descentralizados municipales y otras instituciones.

12. Informes de la consecución de Acuerdos, Convenios, y otros instrumentos técnicos de coordinación o complementariedad referentes a la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento con los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipal. (Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador MAAE, 2021)

2.7.3 Estrategia Nacional De Calidad Del Agua

Servicio de agua potable

La Constitución de la República del Ecuador (2008), reconoce el acceso a agua potable, cuya provisión deberá ser garantizada por el Estado, que responderá a los principios de obligatoriedad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. El Estado dispondrá que los precios y tarifas sean equitativos y establecerá su regulación y control.

Para asegurar el acceso al agua potable de calidad, es necesario contar con un sistema de abastecimiento, tratamiento y distribución adecuados, que cumpla con la norma ecuatoriana de agua potable en calidad, cantidad, accesibilidad, asequibilidad y continuidad.

Conservación y protección de las fuentes de agua

De acuerdo a la LORHUyA existen diversas formas para proteger las fuentes de agua y se establecen competencias, obligaciones y derechos sobre este aspecto, considerando que la conservación y protección de la calidad y cantidad del agua es indispensable para el mantenimiento de la vida, ecosistemas, uso y aprovechamiento del agua.

2.7.4 Ministerio del Ambiente y Agua

Acuerdo Ministerial 097-A publicado mediante Registro Oficial N° 387 del 04 de noviembre del 2015.

Establece los criterios de calidad para diferentes parámetros de calidad de agua de acuerdo a los usos. Esta normativa es el principal instrumento de control utilizado por

el MAE respecto al impacto ambiental que generan las actividades humanas. (Tapia, 2015).

2.7.5 Normas NTE-INEN-ISO 9001

Norma ISO 9001: Sistemas de gestión de la calidad – requisitos. Esta Norma Internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad, aplicables cuando una organización: a. Necesita demostrar su capacidad para proporcionar de forma coherente productos que satisfagan los requisitos del cliente y los requisitos reglamentarios aplicables. b. Aspira a aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para la mejora continua del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente y los requisitos reglamentarios aplicables. (NormasISO9001, 2002).

La Norma ISO 9001:2000, donde se verifica el sistema de gestión de calidad.

Manual de la calidad

La organización debe establecer y mantener un manual de la calidad que incluya:

a) El alcance del sistema de gestión de la calidad, incluyendo detalles y la justificación de cualquier exclusión;
b) los procedimientos documentados establecidos para el sistema de gestión de la calidad, o referencia a los mismos. y
c) una descripción de la interacción entre los procesos del sistema de gestión de la calidad. (ISO9001:2000, 2005)

2.7.6 Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108

5. REQUISITOS

5.1 Los sistemas de abastecimiento de agua potable deberían acogerse al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública. (Intituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 2014)

Tabla 2.

Características físicas, sustancias inorgánicas y radioactivas.

PARÁMETRO	UNIDAD	MÁXIMO PERMITIDO
Características Físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	No objetable
Sabor	---	No objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN*	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 [1)]
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO_3	mg/l	50
Nitritos, NO_2	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bg/l	0,5
Radiación total β **	Bg/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04

1) Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos
**** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: 210Po, 224Ra, 226Ra, 232Th, 234U, 238U, 239Pu***
***** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: 60Co, 89Sr, 90Sr, 129I, 131I, 134Cs, 137Cs, 210Pb, 228Ra***

Fuente: (Intituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 2014)

Tabla 3.

Sustancias orgánicas

PARÁMETRO	UNIDAD	MÁXIMO PERMITIDO
Sustancias Orgánicas		
Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP Benzo (a) pireno	mg/l	0,0007
Hidrocarburos		
Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Estireno	mg/l	0,02
1,2dicloroetano	mg/l	0,03
Cloruro de vinilo	mg/l	0,0003
Tricloroeteno	mg/l	0,02
Tetracloroeteno	mg/l	0,04
Di(2-etilhexil) ftalado	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
Epiclorohidrina	mg/l	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0006
1,2Dibromoetano	mg/l	0,0004
1,4- Dioxano	mg/l	0,05
Ácido Nitrilotriacético	mg/l	0,2

Fuente**:** (Intituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 2014)

Tabla 4.

Sustancias orgánicas

PARÁMETRO	UNIDAD	MÁXIMO PERMITIDO
Atrazina y sus metabolitos cloro-s-triazina	mg/l	0,1
Isoproturón	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Pendimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,009
Dicloroprop	mg/l	0,1

PARÁMETRO	UNIDAD	MÁXIMO PERMITIDO
Alacloro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrin y Dieldrín	mg/l	0,00003
Carbofuran	mg/l	0,007
Clorpirifós	mg/l	0,03
DDT y metabolitos	mg/l	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1,3-Dicloropropeno	mg/l	0,02
Dímetoato	mg/l	0,006
Endrín	mg/l	0,0006
Terbutilazina	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002
Hidroxiatrazina	mg/l	0,02

Fuente: (Intituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 2014)

Tabla 5.

Residuos de desinfectantes.

PARÁMETRO	UNIDAD	MÁXIMO PERMITIDO
Monocloramina	mg/l	3
Si pasa de 1,5 mg/l investigar:		
N-Nitrosodimethylamine	mg/l	0,0001

Fuente: (Intituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 2014)

Tabla 6.

Cianotoxinas

PARÁMETRO	UNIDAD	MÁXIMO PERMITIDO
2,4,6-triclorofenol	mg/l	0,2
Trihalometanos totales	mg/l	0,5
Si pasa de 0,5 mg/l investigar		
Bromodiclorometano	mg/l	0,06
Cloroformo	mg/l	0,3
Tricloroacetato	mg/l	0,2
Microcistina-LR	mg/l	0,001

Fuente: (Intituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 2014)

Tabla 7.

Requisitos microbiológicos.

PARÁMETRO	**MÁXIMO PERMISIBLE**
Coliformes fecales (1):	
Tubos múltiples NMP/100 ml ó	< 1,1 *
Filtración por membrana ufc/ 100 ml	< 1 **
***Cryptosporidium*, número de ooquistes/ litro**	Ausencia
***Giardia*, número de quistes/ litro**	Ausencia

Fuente: (Intituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 2014)

CAPÍTULO III

3.1 Localización del área de estudio

El cantón Tena provincia de Napo cuenta con la planta de tratamiento de agua potable "Colonso" ubicada a unos dos kilómetros de la Comunidad de Alto Tena, en la Parroquia Muyuna, a 8 km de la Universidad IKIAM. Desde el enfoque bioclimático, aguas arriba de la zona en donde está ubicada la captación (Río Colonso), se considera como zona de transición entre el Bosque Tropical de Lluvia y el Bosque Tropical Húmedo; sitio que, por ser una reserva biosfera, es casi en su totalidad un bosque primario. (Cañadas, 1983).

Fue construida en el periodo 2002-2006 e inaugurada en el año 2008 por el GAD Municipal de Tena a fin de proveer a su población de agua limpia, libre de impurezas, bacterias, virus y parásitos, mismos que afectan de forma directa el olor, color y sabor del agua, así como la salud de las personas, provocando enfermedades tanto estomacales como cutáneas.

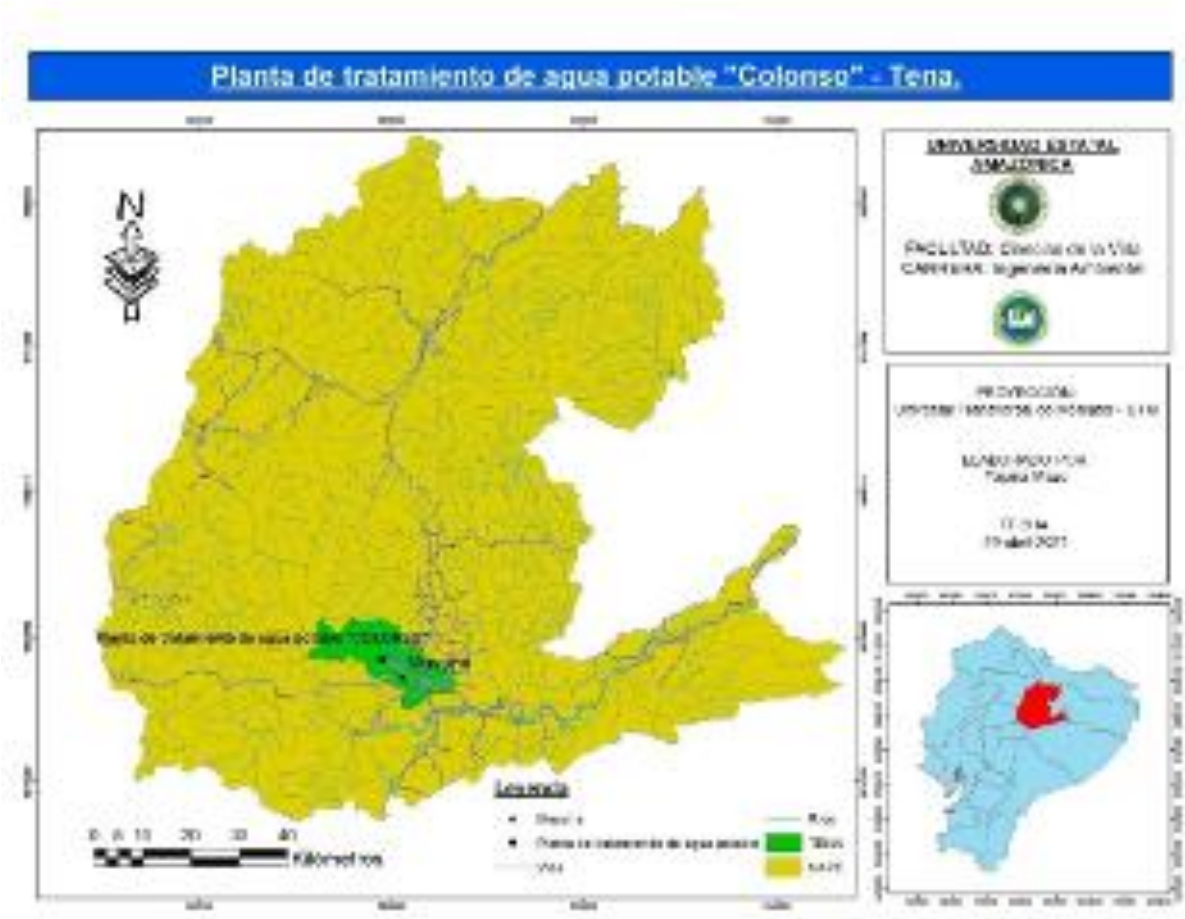
3.2 Área de localización de la PTAP

El área en donde se encuentra ubicada la planta de tratamiento de agua potable Colonso se encuentra a unos 760 msnm, se caracteriza por ser una zona moderadamente alta (comunidad alto Tena), la topografía en esta área está en sentido norte sur presentando pequeñas ondulaciones y un relieve alto en una Reserva Biosfera.

3.3 Mapa de ubicación de la zona de estudio

Figura 1. Ubicación de la planta de tratamiento de agua potable Colonso-Tena

(Muyuna)



(Fuente: Propia, 2021)

3.4 Tipo de investigación

De acuerdo al objeto de estudio, la presente investigación posee diversos diseños de indagación dependiendo los lineamientos que tiene, se utilizará la investigación exploratoria cualitativa-documental.

Siendo un fenómeno comunitario ambiental se partió de la investigación exploratoria cualitativa para explorar como su palabra lo indica los factores que engloban el problema objeto de estudio con más a detalle de las causas que ocasionan dicho problema, luego de ello se establecerá las descripciones detalladas, paso a paso del proceso establecidos para identificar los errores del objeto de estudio y así poder llegar a explicar minuciosamente las hipótesis a las cuales se pueden llegar o posibles soluciones a darse para contrarrestar el inconveniente que afecta a todo un universo.

Dichas investigaciones mencionadas ayudaran a un adecuado diagnóstico y

ejecución de la posible solución para poder dar enmienda y de esta manera alcanzar cada uno de los objetivos planteados, tomando en cuenta los factores relevantes de debilidades y amenazas para transformarlos en oportunidades y fortalezas.

3.5 Metodología de la investigación

Para el desarrollo de este proyecto se argumenta en función a cada uno de los objetivos que han sido propuestos ante el manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable "Colonso".

3.5.1 Metodología para el primer objetivo, el diagnóstico del actual sistema de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable "Colonso" de la ciudad de Tena.

Se realizó por medio de la investigación descriptiva. Se inició con una revisión documental de instructivos, módulos de operación y mantenimiento, informes de las fases de reducción y control de pérdidas en el sistema de agua potable, informes técnicos relacionados a los problemas de las aguas contaminadas en la ciudad, así mismo revisiones antes realizadas de estudios para manuales de plantas de tratamiento de agua potable, dando un calificativo a cada proceso para poder emitir soluciones acertadas al funcionamiento. Toda esta información se realizó con documentación proporcionada por el GAD Municipal de Tena.

3.5.2 Metodología para el segundo objetivo, evaluar la calidad de agua para el tratamiento de la planta.

Se utilizó la investigación exploratoria cualitativa de investigación – acción. Esta se realizó mediante la evaluación del funcionamiento del sistema a través de los análisis de laboratorio que tiene el GAD Municipal de Tena y el estudio de Juan Elizalde y comparó con los parámetros de calidad del agua en función a la normativa vigente. Se exploró cada parte, cada etapa, cada proceso del funcionamiento de la planta, e incluso los diversos diagramas de flujo para identificar las salidas y entradas de los flujos de proceso. Para determinar los errores y poder dar enmienda a los mismos, se verificó mediante información específica por parte de los operadores de la planta de tratamiento. Esta información sentó las directrices para dar soluciones cronológicas.

3.5.3 Metodología para el tercer objetivo, elaborar un manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable "Colonso".

Considerando que se fundamenta de un modelo continuo de gestión basado en indicadores explicativos ambientales para el buen funcionamiento de dicha planta, se manejó la investigación explicativa por medio de estrategias interpretativas y basadas en hechos ambientales, siguiendo la guía de manejo ambiental del agua potable se creó un manual, teniendo en cuenta los períodos de precipitación que oscila entre 4100mm a 4400mm, datos obtenidos por el operador Víctor Cabrera.

3.6 Técnicas de Investigación

Para la siguiente investigación se ha hecho uso de las siguientes técnicas:

- Revisión de archivos
- Revisión de bibliografía

CAPITULO IV

4.1 Análisis de Resultados

Se llevó acabo el análisis de cada proceso de la planta de tratamiento de agua potable “Colonso” de la ciudad de Tena localizada en la parroquia Muyuna, mediante documentos bibliográficos, revisión de archivos y antecedentes de la planta.

- Internet
- Revisión de archivos
- Revisión de bibliografía

Se tienen tres categorías de resultados en base a los objetivos específicos de esta investigación.

4.2 Sistema de mantenimiento actual de la planta de tratamiento de agua potable de Tena.

Actualmente, no existe un sistema de mantenimiento como tal, esto se debe, según los operadores de esta, a la falta de gestión y deficiente administración de la Empresa de Agua Potable. Las pruebas de esto se ven reflejadas en que existen varios equipos que se encuentran deteriorados e incluso existen muchos elementos electrónicos que han sucumbido durante las tormentas eléctricas, propias de la estación invernal de la zona, los mismos que han resultado circuitados y que, hasta la fecha, no han recibido mantenimiento o reposición de los componentes dañados.

Sin embargo, si se da mantenimiento, aunque escaso, de la estructura general de la planta de tratamiento, esto es retiro de sedimentos, reposición de partes, limpieza de maleza, pintura, etc. aun así, no se lleva un registro de estas reparaciones, su frecuencia, costos, personal necesario, ni otros datos que pudieran ser relevantes para una mejor gestión de los recursos.

Todo esto se suma al hecho de que, en los últimos años, las autoridades, tanto tomadores de decisiones, como directores y jefes de área, no hayan logrado que, aunque la función de la planta sea la de dotar de un servicio básico a la población de Tena, la unidad a cargo de la planta de tratamiento, reciba un mayor presupuesto y recursos tanto personales, como físicos. Esta situación, no es exclusiva de esta planta de tratamiento,

sino que afecta a la gran mayoría de unidades en todos los cantones, especialmente de la Amazonía.

Equipos averiados por tormentas eléctricas en zona de estudio.

Figura 2. Dosificador



(Fuente: Propia, 2021)

Figura 3. Porta sensores de cloro residual.

.



(Fuente: Propia, 2021)

Figura 4. Módulo de electroválvulas de aire



(Fuente: Propia, 2021)

4.3 Diagnóstico de operatividad y manejo de la planta

La planta de tratamiento de agua potable fue construida en período 2002-2006 e inaugurada en el año 2008, en la Parroquia San Juan de Muyuna a 10 km de la ciudad del Tena Provincia de Napo, aproximadamente en la cota 760 msnm. De acuerdo a un estudio realizado por Juan Elizalde, se señala que el caudal del río Colonso es suficiente para prestar el servicio, aún en época de estiaje. Esta planta es de tipo convencional, es decir, que posee una compuerta de limpieza hidráulica a la entrada construida para facilitar un mantenimiento permanente y evitar obstrucciones en la misma. En lo que tiene que ver con el laboratorio de análisis de calidad de agua, este sistema de mantenimiento de desagüe, que se realiza cada dos meses mediante manejo manual, demuestra que el agua es apta para el consumo humano, pero el medio por el cual fluye dicha agua potable no es óptimo, dado que las tuberías no están en buen estado al llegar a la población. Es por ello que la falta de un plan de necesidades donde se incluyan reactivos, estándares, insumos, adquisición y mantenimiento de equipos y demás, hace que dichos requerimientos no sean atendidos por diversos factores externos e internos, ni incluidos en el Plan Operativo Anual. (Elizalde, 2015).

Operatividad y manejo de la PTAP.

Figura 5 Compuerta de limpieza hidráulica a la entrada.



(Fuente: Propia, 2021)

Figura 6 Laboratorio de análisis de calidad de agua



(Fuente: Propia, 2021)

Figura 7 Lodos del desagüe



(Fuente: Propia, 2021)

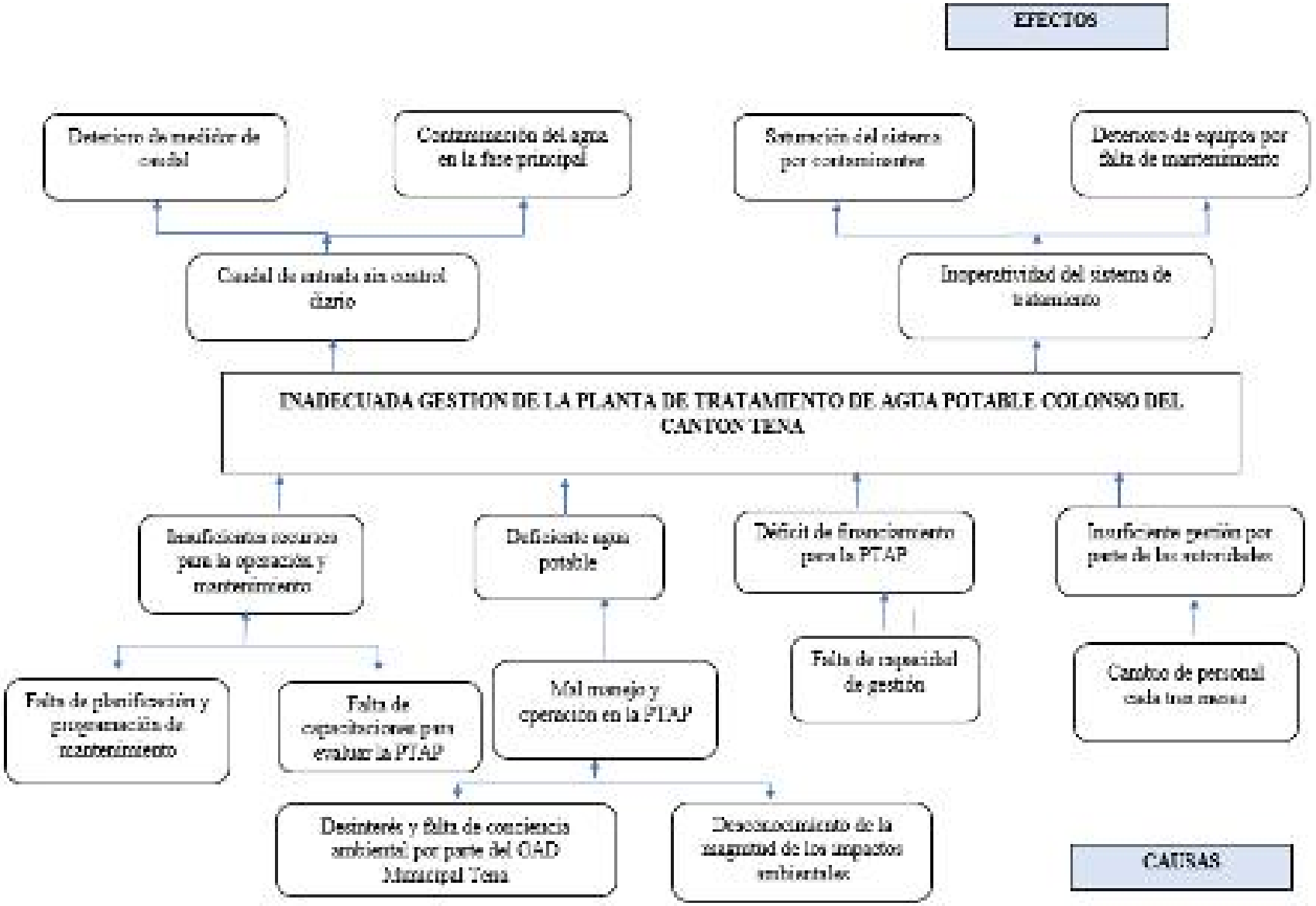
Las causas que generan que no exista abastecimiento y calidad de agua para la ciudadanía son:

- La inadecuada gestión de la planta de tratamiento de agua potable Colonso, misma que no cuenta con suficientes recursos para la operación y mantenimiento que se dan por falta de planificación y programación de las mismas, y la falta de capacitaciones al personal para evaluar la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP).
- Deficiente agua potable, debido a la ineficiencia de mano de obra especializada de la PTAP, una de las causas principales es el desinterés y la falta de conciencia ambiental que existe por parte de las autoridades del GAD Municipal de Tena ya que desconocen la magnitud de los impactos ambientales que puede causar a la salud humana y a la naturaleza.
- La presencia de déficit financiero para la PTAP al no existir una buena capacidad de gestión en el ámbito económico.
- Insuficiente gestión por parte de las autoridades. El técnico encargado de la supervisión, Víctor Cabrera, menciona que en la gestión actual de la municipalidad se realizan cambios de los trabajadores por política, esto se lo realiza cada tres meses, además que desconocen de los procesos y eso repercute a cada uno de los técnicos que laboran en el área.

- Los efectos que se observan por la inadecuada gestión en el proceso son la falta de supervisión diaria en los caudales de entrada, mismo que generan contaminaciones del agua en la fase principal, además de poner en riesgo la salud de los trabajadores; la inoperatividad del sistema de tratamiento que afecta a la saturación del mismo causado por contaminantes y así se deteriora los equipos por la falta de mantenimiento.

4.3.1 ¿Qué ocasiona que el agua del Cantón Tena no sea altamente potable y eficiente para abastecer a la ciudadanía?

Figura 8 Árbol de problemas de la gestión de la planta de tratamiento de agua potable de Tena


EFECTOS
Deterioro de medidor de caudal
Contaminación del agua en la fase principal
Saturación del sistema por contaminantes
Desgaste de equipos por falta de mantenimiento
Caudal de entrada sin control diario
Inoperatividad del sistema de tratamiento
INADECUADA GESTION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE COLONSO DEL CANTON TENA
Insuficientes recursos para la operación y mantenimiento
Deficiente agua potable
Déficit de financiamiento para la PTAP
Insuficiente gestión por parte de las autoridades
Falta de planificación y programación de mantenimiento
Falta de capacitaciones para evaluar la PTAP
Mal manejo y operación en la PTAP
Falta de capacidad de gestión
Cambio de personal cada tres meses
Desinterés y falta de conciencia ambiental por parte del GAD Municipal Tena
Desconocimiento de la magnitud de los impactos ambientales
CAUSAS

4.3.2 Criterios de Evaluación de la Gestión de Mantenimiento

El primer acercamiento y las entrevistas realizadas, permitieron identificar los problemas existentes dentro de la planta, en la cual se consideraron los criterios de evaluación con puntajes críticos, mismos que tendrán mayor énfasis al momento de realizar el manual de mantenimiento. Esta información recopilada ayudará a la obtención de los datos necesarios para los protocolos y acciones que deberán implementarse en los diferentes procesos dentro de la planta.

Los criterios de evaluación usados en el presente diagnóstico constan de cuatro preguntas que estarán evaluadas con un puntaje de uno a cinco, como se muestra en la **Tabla *8*.** y que tendrán un resultado total de veinte puntos en cada criterio. Para obtener una visión más clara de la mejora en los valores obtenidos, se calculará con las calificaciones de cada criterio el porcentaje obtenido.

Tabla 8.

Criterios de evaluación

CALIFICACIÓN	DEFICIENTE	DEFINICIÓN
1	Deficiente	No responde o no existe.
2	Insuficiente	Responde raramente o su uso es escaso.
3	Suficiente	Cumple con los requisitos mínimos dentro de la planta o se usa en un 50%
4	Bueno	Funciona con una relativa normalidad o su uso es cercano a lo cotidiano.
5	Excelente	Funcionamiento confiable o se usa siempre.

Fuente: (Elaboración Propia, 2021)

En la **Tabla *9*.** se muestra el formulario de evaluación en el que se detallas las preguntas en cada criterio.

Tabla 9.

Formulario de evaluación para el diagnóstico de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Tena.

N°	PROCESO	PREGUNTA	PARÁMETROS	PONDERACIÓN	%
1	Organización	A	¿Cuenta con un organigrama de mantenimiento?	5	60
		B	¿Posee una correcta organización en la codificación de los activos	2	
		C	¿Posee un adecuado manejo de la documentación de los activos (manuales, especificaciones, etc.)	2	

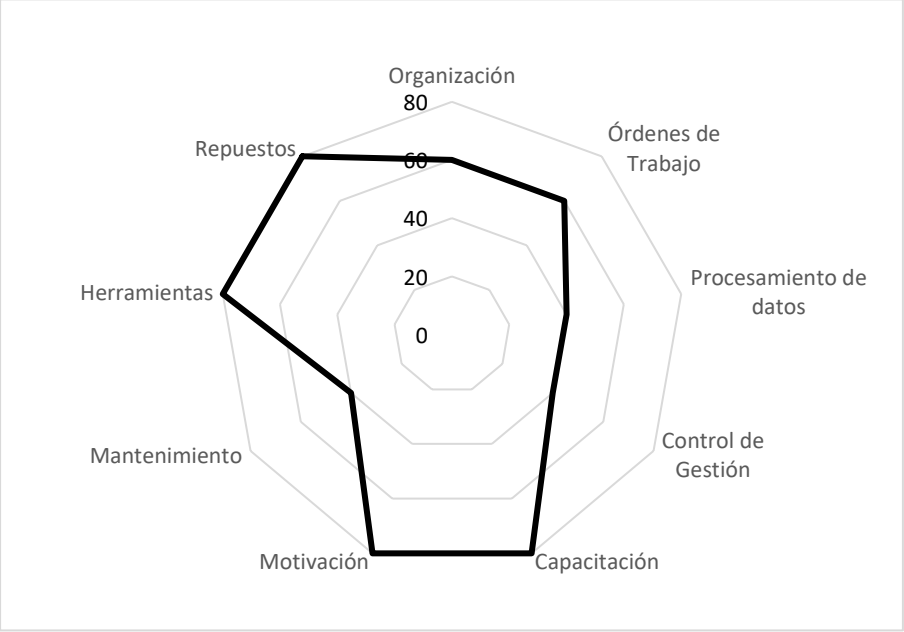
N°	PROCESO	PREGUNTA	PARÁMETROS	PONDERACIÓN	%
		D	¿Se usa los diferentes documentos para el seguimiento de activos?	3	
2	Órdenes de Trabajo	A	¿Se tiene un formato de orden de trabajo?	5	60
		B	¿Se usa el debido formato para la realización del trabajo?	3	
		C	¿Se llena el formato debidamente?	2	
		D	¿Se archiva la orden de trabajo en su debido archivero?	2	
3	Procesamiento de datos	A	¿Los operarios llenan los formatos requeridos en sus tareas?	2	40
		B	¿Es útil la información obtenida de los diferentes formatos?	2	
		C	¿Es confiable la información obtenida de cada tarea?	2	
		D	¿Se usa la información obtenida en la toma de decisiones a futuro?	2	
4	Control de Gestión	A	¿Existe una codificación adecuada en la Planta?	3	40
		B	¿La Jefatura lleva una documentación del control de esta gestión?	1	
		C	¿Existen auditorías internas en la planta?	2	
		D	¿Existe la documentación e información de las auditorías?	2	
5	Capacitación	A	¿Existe la capacitación adecuada para el personal de Jefatura y Operación?	5	80
		B	¿El personal de mantenimiento está capacitado periódica y continuamente?	5	
		C	¿Existe un seguimiento de las capacitaciones realizadas en la Planta?	3	
		D	¿El personal recibe las capacitaciones en lugares adecuados?	3	
6	Motivación	A	¿Existen los incentivos para que el personal aumente su productividad?	5	80
		B	¿El personal está motivado en los trabajos realizados?	3	
		C	¿El personal de Jefatura tiene capacitaciones en motivación grupa?	3	
		D	¿Se respeta la duración de descansos y de horarios de entrada y salida?	5	
7	Mantenimiento	A	¿Los procedimientos de mantenimiento son claros y entendibles?	2	40
		B	¿El personal de mantenimiento utiliza los procedimientos adecuados?	2	
		C	¿Los procedimientos aprobados contienen toda la información necesaria?	2	
		D	¿Se usa los formatos adecuados para las tareas asignadas?	2	
8	Herramientas	A	¿Las herramientas están en concordancia con lo que el operario necesita?	5	80
		B	¿Los equipos de medición están debidamente calibradas?	4	

N°	PROCESO	PREGUNTA	PARÁMETROS	PONDERACIÓN	%
		C	¿Existe un inventario de herramientas?	3	
		D	¿Se comprueba periódicamente el inventario de herramientas?	4	
9	Repuestos	A	¿Se tiene un listado del stock mínimo de repuestos?	5	80
		B	¿Se comprueba periódicamente el stock de repuestos?	5	
		C	¿El almacén está situado en un lugar adecuado?	3	
		D	¿Las condiciones de almacenamiento son las correctas?	3	
			RESULTADO TOTAL	**112**	**62.22**

Fuente: (Elaboración Propia, 2021)

La figura a continuación muestra el análisis radial de valores generales con los criterios de evaluación, realizada a la planta de tratamiento de agua potable de Tena. En la misma, se pueden observar los procesos en los cuales se tiene falencias y ayudan a tomar la decisión sobre cuál es la acción de trabajo más inmediata sobre el punto crítico.

Figura 9. Polígono inicial de Gestión de Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Tena (Fuente: Propia 2021)



Fuente: (*Elaboración propia, 2021*)

En la implementación del sistema de gestión de mantenimiento se necesita conocer las normas en las que se puede basar la misma, así como también los diferentes procesos y mejoras a los que la planta puede adecuarse. Las normas comúnmente usadas en la gestión de

mantenimiento son:

- Norma ISO 9000:2015 – "Sistema de Gestión de Calidad – Fundamentos y Vocabulario"
- Norma ISO 9001:2015 – "Sistema de Gestión de Calidad – Requisitos"
- Norma ISO 14001:2016 – "Sistema de Gestión Ambiental – Requisitos con orientación para su uso"
- Norma ISO 14005:2013 – "Sistema de Gestión Ambiental – Guía para la Implementación de un Sistema de Gestión Ambiental por Etapas, Incluyendo el Empleo de la Evaluación de Desempeño Ambiental"
- Norma ISO 19011:2011 – "Directrices para la Auditoría de los Sistemas de Gestión"

4.3.3 Planificación del Sistema de Gestión de Mantenimiento de las unidades operativas de la planta de tratamiento

Finalizado el diagnóstico inicial de la planta, se procesaron los datos y se transformaron en propuestas de mejoras para el sistema de gestión de mantenimiento que necesita la planta, estas mejoras corresponderán a los sectores de: control de gestión, órdenes de trabajo, mantenimiento y finalmente, procesamiento de datos, en los cuales, en base a los datos obtenidos en el primer acercamiento se espera que la reingeniería o, en su defecto, una mejora significativa en el funcionamiento del proceso debe ser puesta en marcha.

Para esto, la principal propuesta corresponde a la implementación de los sectores mencionados dentro de la administración de la planta de tratamiento, de modo que se pueda llevar un mejor control de los activos, actividades, inventarios, gastos por mantenimiento y estado general del sistema de potabilización, estos sectores se detallan a continuación.

4.3.3.1 Implementación del control de gestión de los activos de la planta de tratamiento de agua potable de Tena

Al implementar un sistema de gestión de activos, se considera que los equipos y máquinas de la planta tienen un valor preponderante en la misma, por lo que es necesaria la codificación adecuada de dichos equipos para su posterior seguimiento y la programación del mantenimiento de los mismos. Para un mejor control de todos los aspectos relacionados a este tipo de bienes: depreciación, tiempo de vida útil, períodos de mantenimiento rutinario, repuestos, costos de operación y mantenimiento, entre otros, con el fin de poder planificar de

mejor manera, no sólo la frecuencia del mantenimiento y compra de repuestos, sino además, incluir dentro de los instrumentos de planificación del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tena, el presupuesto necesario para la compra de nuevas unidades, repotenciación de aquellas que se encuentren en estado crítico y el mantenimiento rutinario de las máquinas y equipos.

A continuación, se presenta la codificación general propuesta para los sistemas y subsistemas de la planta.

Tabla 10.

Evaluación de la fase de procesamiento de datos. Codificación de Activos Propuesta.

SISTEMA	CODIFICACIÓN	SUBSISTEMA	CODIFICACIÓN
Captación	CAP	Captación de Agua	CA
		Estación del Primer Bombeo	PB
Potabilización	POT	Laguna de reserva y pre sedimentación	LP
		Planta de Potabilización	PP
		Estación de segundo Bombeo	SB
Conducción	CON	Tanque de Carga	TC

Fuente: (Elaboración Propia, 2021)

Dado que los datos y elementos de la planta son majeados con reserva y son confidenciales, se sugiere una codificación interna acorde al control de bienes y bodega del GADM Tena.

Con esta codificación se pretende servir como un medio de control y facilitar el inventario de los equipos, máquinas y demás que posee cada unidad operativa, de modo que todos los implementos que se usen en el mantenimiento (repuestos, materiales y herramientas) puedan ser adquiridos con suficiente anticipación.

4.3.3.2 Implementación de las órdenes de trabajo para mantenimiento de las unidades operativas de la planta de tratamiento

Las órdenes de trabajo son documentos que se generan dentro de la unidad de operación y mantenimiento, y tienen como objetivo detallar los trabajos a realizarse dentro de un equipo o máquina que forma parte del sistema de agua potable de Tena.

La implementación de estas órdenes de trabajo permitirá llevar un control en tiempo real del estado de cada uno de los componentes del sistema de agua potable, además, permitirá estimar el costo de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, personal necesario, carga laboral de cada empleado, eficiencia de los procesos y, sobre todo, predecir posibles daños críticos, implementar protocolos y predecir las acciones que deberán tomarse en caso de que estos daños llegasen a ocurrir.

Estos documentos contendrán información para que el personal realice la labor necesaria, siendo estos puntos lo más explícito posibles. Además, se deben incluir los datos de ubicación, tiempos estimados de trabajo, entre otros. El documento deberá ser llenado por el jefe inmediato superior de la cuadrilla de mantenimiento.

El Anexo 1 muestra el formato de orden de trabajo propuesta.

4.3.3.3 Implementación del Mantenimiento de las unidades operativas de la planta de tratamiento

Es necesario implementar un adecuado programa de mantenimiento para la óptima operatividad de las máquinas y equipos dentro de la planta, para esto es necesario tomar en cuenta el tipo de máquina y su funcionamiento dentro del proceso de captación, potabilización y distribución del agua potable en Tena, como se mencionó en la selección del sistema de gestión, se implementará un mantenimiento preventivo conforme al manual de operación y mantenimiento en el Anexo 5.

Al hablar de mantenimiento preventivo, se debe determinar cuál es el alcance del plan dentro de la planta, es decir, dónde comienza la implementación y qué elementos, sistemas y subsistemas están dentro del este plan. Estos requerimientos se muestran en la tabla a continuación.

Tabla 11.

Requerimientos del mantenimiento preventivo.

CRITERIO	DEFINICIÓN
Objetivo	Los objetivos del mantenimiento deben estar bien definidos y deberán contar con un presupuesto referencial o costos estimados que llevará esta implementación.
Criticidad	Este análisis debe estar enfocado a los equipos y máquinas que sean más propensos a tener fallas críticas o cuyo mantenimiento requiera acciones que afecten al funcionamiento de toda la planta.

CRITERIO	DEFINICIÓN
Análisis de fallas	Este examen se realiza para determinar el motivo de la falla y a fin de mejorar la fiabilidad de los procesos.
Monitoreo	Es el seguimiento y la evaluación periódica de todos los procesos que conforman el sistema de la planta de tratamiento de agua potable.
Responsabilidad	Definición de la persona a cargo de la implementación, seguimiento y evaluación, así como del personal que conformará el departamento.
Costos	Estimación económica cercana a los valores reales y la elaboración de presupuestos para todos los trabajos dentro de la implementación y subsiguientes trabajos de mantenimiento.
Procedimientos	Es toda metodología usada en la implementación en un inicio y los pasos a seguir cuando el método esté en uso.
Capacitación	El implementar un nuevo método, se debe capacitar a los operarios, mandos medios y mandos superiores en la nueva forma de mantenimiento, toma de datos, evaluaciones y procesamiento de datos.
Inicio	Es la fecha de inicio de la implementación del método de mantenimiento, misma que deberá ser socializada previamente con todo el personal.

Fuente: (Sánchez Rodríguez, 2010)

Una vez determinados los requerimientos, la implementación de este método de mantenimiento es relativamente sencilla. Para complementar este método, se necesita de los formatos adecuados dentro del seguimiento de los equipos, además, se empieza con la mejora del funcionamiento.

Dentro de una gestión de equipos, la parte primordial es la elaboración de los diferentes documentos, por ejemplo, un inventario de equipos, lo que presentaría de una manera ordenada las herramientas, elementos y equipos de los que dispone la planta. La codificación que las máquinas poseían ha quedado en desuso o no se usaba de forma adecuada, por lo que se elaboró la propuesta de codificación mostrada anteriormente, el cual deberá usarse en futuras detenciones por mantenimientos, para el recambio de piezas o para el seguimiento de los equipos dentro de su proceso de mejora. El formato sugerido para el inventario se presenta en el Anexo 2

Otros documentos que son necesarios para tener un debido seguimiento dentro de este proceso son los historiales de cada máquina en los que deben constar las fichas técnicas, el historial de mantenimiento y, en forma general, un inventario de repuestos.

El historial de mantenimiento permite recopilar la información técnica de los

mantenimientos realizados previamente al equipo, este documento es indispensable al tener cualquier problema y solucionarlo de una manera más eficiente y en menor tiempo.

En el Anexo 3 se muestra el formato para el historial de mantenimiento que deberá ser usado en la planta.

En general, la ficha técnica permite tener la información completa del equipo, así como las características técnicas de operatividad. En el caso de tener una avería o problema, la ficha técnica permite agilizar el proceso de reparación o mantenimiento.

En el Anexo 4 se presenta el formato de ficha técnica a usarse dentro de la implementación de la gestión de mantenimiento de la planta.

El inventario de repuestos muestra todos los elementos que se usan en la reparación o mantenimiento de un equipo. Este documento proporciona información de la disponibilidad de repuestos, marca, cantidad en bodega, etc. El formato de este documento deberá ser el mismo que se usa en el control de bienes y bodega del GADM Tena.

Con toda esta documentación, se espera llevar a cabo una adecuada coordinación con el personal operativo de la planta de tratamiento de agua potable, a fin de minimizar los tiempos de detenciones por mantenimientos y reparaciones. Una aplicación válida dentro del control de mantenimiento es la estadística de datos, misma que permite realizar estimaciones y comparaciones de problemas suscitados y aplicar soluciones a corto tiempo.

4.4 Situación actual del sistema de agua potable en Tena

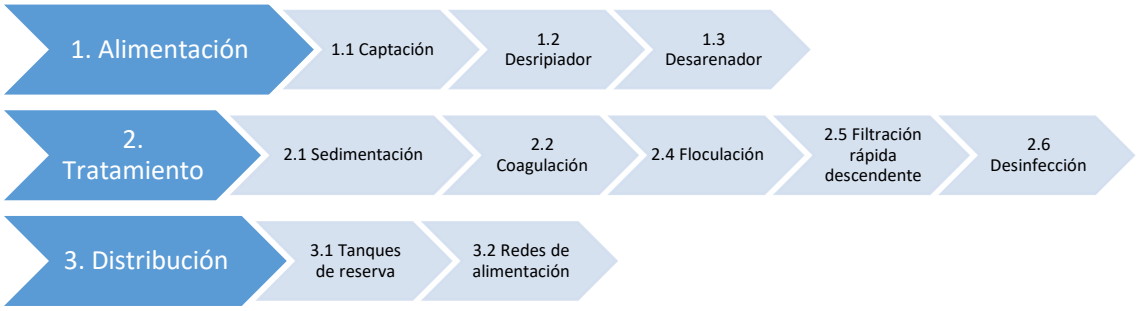
La planta de potabilización realiza varios procesos de tratamiento y purificación del agua, mismos que abarcan 6 etapas:

- Captación
- Desarenado
- Dosificación
- Sedimentación
- Floculación
- Clorado

4.5 Descripción del funcionamiento actual del sistema de tratamiento de agua potable.

El sistema de agua potable de la planta de tratamiento de Colonso cuenta con un sistema de tratamiento de tipo convencional, con filtración rápida, el mismo que está integrado por los siguientes procesos:

Figura 10. Diagrama de flujo del sistema actual de tratamiento de agua potable de la planta "Colonso"



Fuente: Elaboración propia (2021)

Este tipo de plantas convencionales con tratamiento completo, permite una mayor flexibilidad en la potabilización del agua que presenta variaciones de calidad física, lo cual no podría ser fácilmente absorbido por otro tipo de sistema ya que se traduciría en problemas de tipo operativo y racionamientos del servicio en épocas invernales.

4.5.1 Primera etapa: Captación

4.5.1.1 Captación

La fuente principal de abastecimiento del Sistema de Agua Potable de la ciudad de Tena, son las aguas del Río Colonso. La estructura de captación se construyó en el 2008, es del tipo caucasiano, se capta de la parte inferior del río por medio de un sumidero de dimensiones 1.0x0.5x1.0m, que corta transversalmente al río, en el que se ha construido una toma superior al lado izquierdo con dirección al flujo. En temporadas de verano, el agua no presenta turbiedad, pero en temporadas de altas precipitaciones-invierno, el río transporta una gran cantidad de material sólido flotante, además de material fino, arenas y grava provenientes de los deslaves que se producen en el invierno. El sumidero es utilizado para retener las impurezas mayores que acarrea el agua tales como: hojas, palos, pequeñas rocas y demás sólidos en suspensión mayores presentes en el caudal del río. A continuación, existe un zampeado donde se amortigua

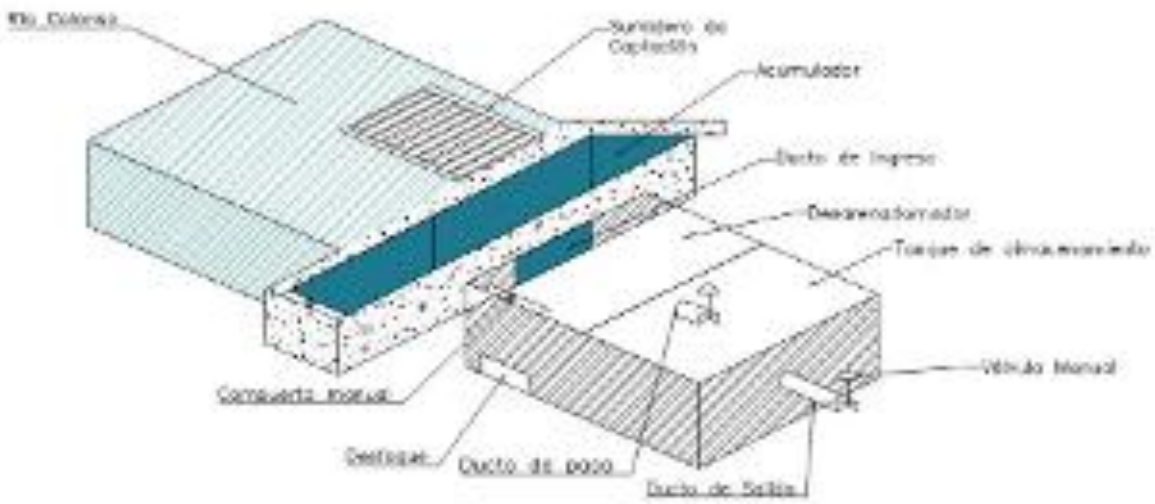
el golpe de la caída del agua sobrante para evitar arrastre de sólidos aguas abajo.

Para abastecer a la ciudad del Tena se necesitan 240L/s. La planta se abastece de un caudal de 270.0 l/s de la cuenca del río Colonso, mismo que varía de acuerdo a las condiciones climáticas de la zona. El agua avanza en su cauce hasta el acumulador ubicado al filo del río que se encarga de distribuir el agua hacia el tanque desarenador, el cual separa la arena gruesa, gravilla y demás rocas del agua mediante un desfogue que se encuentra al fondo del tanque y es controlado por una válvula manual que permite dar mantenimiento al tanque desarenador, de modo que, con la ayuda del agua, la arena y las rocas sedimentadas regresan al cauce del río.

La toma está en la parte superior del azud y al lado izquierdo de la estructura, es de hierro fundido con aberturas intermedias que permiten el paso del agua, con mucha frecuencia se tapan las rejillas con hojas y sedimentos que viene con la corriente del Río. El mantenimeinto de esta rejilla se lo hace con bastante frecuencia.

Luego de la rejilla y al costado izquierdo de la estructura está el desripiador controlado con una compuerta para el respectivo mantenimiento, al otro lado encontramos la cuanda. Junto a esta unidad esta el cajón de carga que alimenta al desarenador con una tubería de Hierro Dúctil de 400 mm de diámetro.

Figura 11. Esquema de la captación del río Colonso



Nota: Adaptado de Investigación, Diseño e Implementación del control automático de la cámara de mezcla para

mejorarla calidad del agua de la planta de potabilización “Colonso” (p. 5) por A. Constante.

4.5.1.2 Desripiador

Es una estructura de hormigón armado, construida junto a la captación, tiene el objetivo de remover partículas sólidas muy grandes que existen en el agua, es decir retiene el material sólido grueso que es arrastrado por el río y atraviesa la rejilla de la captación, así es que se disminuye la posibilidad de obstáculos en la tubería. Existe una compuerta de limpieza hidráulica a la entrada, edificada para proporcionar un mantenimiento permanente y evitar obstrucciones en el ingreso.

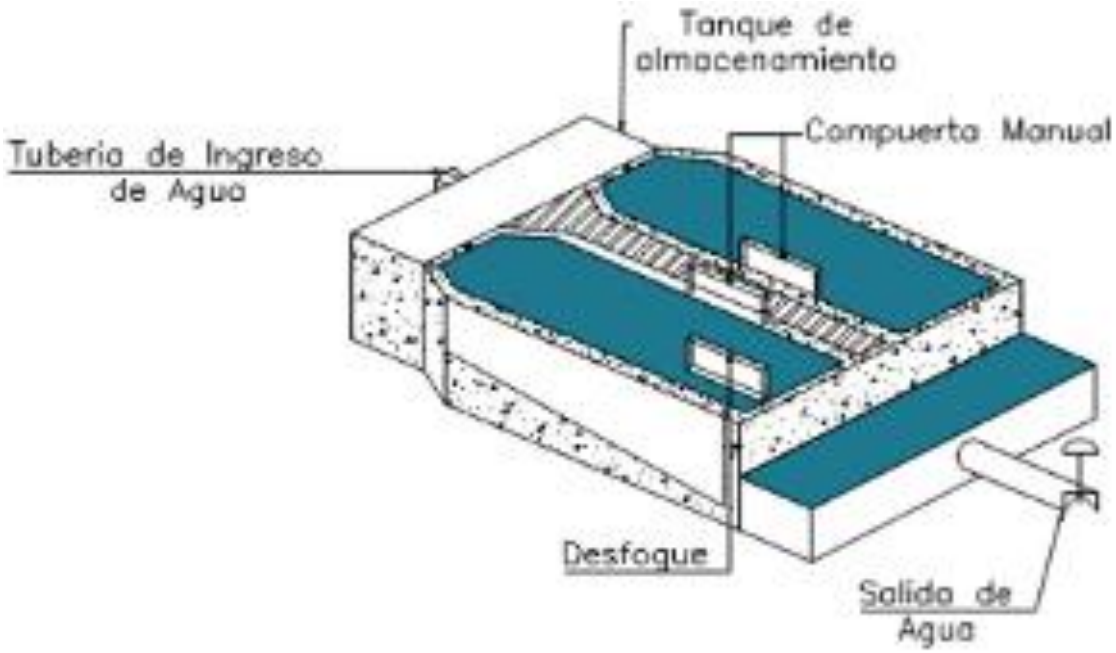
En esta etapa se encuentra una rejilla diseñada para que solo pase el agua llamada Cuanda, abastece unos 300 L/s, tiene 3mm de espesor y 1.5mm de grosor por donde pasa el agua, mencionando que en temporadas de precipitación pasan partículas muy finas de arena, arcillas y limo para proceder al desarenador con menos partículas en el agua.

4.5.1.3 Desarenado

Consta de cajón o estante de llegada que reparte el caudal equitativamente a dos unidades ubicadas en forma paralela y cada una de ellas descargan en un estante individual equipados primero con un vertedero semicircular y luego con un vertedero rectangular, para luego unirse en una sola tubería de salida, el agua es transportada hacia la planta de tratamiento por medio de una tubería de Hierro Dúctil de 400 mm de diámetro. Los desarenadores son de tipo longitudinal, de modo que el uno pueda operar mientras se da mantenimiento al otro. Su función es la de retener la arena fina y demás partículas de mayor densidad que no fueron retenidas en la primera etapa, tales como: limo, arenas finas, arcilla (lodo), mismas que se van acumulando en el fondo de cada unidad, permitiendo que el agua que ingresa a los sedimentadores no presenten demasiados residuos en suspensión.

El mantenimiento de los desarenadores se realiza de manera periódica mediante los ductos ubicas en el fondo de estos y controlados por bálculas manuelaes. La estructura de los desarenadores se muestra en la **Figura 6.**

Figura 12. Esquema del desarenador de la planta de tratamiento de agua del río Colonso



Nota: Adaptado de Investigación, Diseño e Implementación del control automático de la cámara de mezcla para mejorarla calidad del agua de la planta de potabilización "Colonso" (p. 7) por A. Constante.

4.5.1.4 Tanque reservorio

Consta de un depósito e 10.000m3, tiene 3.50m de profundidad, siempre se debe dejar 150m aproximadamente para casos de emergencia (agua turbia en el anterior proceso)

Se utiliza para tener agua cruda sin solidos como arena, ripio entre otras y en caso de que hubiese inconvenientes en las precipitaciones, se capta más o menos 350L/h al tanque reservorio ya que existen fugas en el trayecto a la planta de tratamiento donde se ingresa 270L/s.

4.5.2 Segunda etapa: Tratamiento

La Planta de Tratamiento "Colonso" abastece a una gran parte de la ciudad de Tena, fue construida hace aproximadamente unos 15 años. El caudal de agua que ingresa a la planta de tratamiento es de 270L/s (consta de dos conductos cada uno con válvulas para cerrar o abrir en el caso necesario, donde se puede ingresar directo del desarenador o a su vez del tanque reservorio), el líquido vital que se ingresa un poco más de lo que se necesita para abastecer a la ciudadanía (240L/s) por el motivo de existir algún tipo de fugas en el resto del proceso.

Las unidades de tratamiento son:

- Floculación dividida en dos módulos
- Sedimentación (6 módulos)
- Filtración (5 unidades)
- Desinfección

Actualmente la planta de tratamiento se encuentra en operación, siendo necesario el mantenimiento (interno y externo) de las unidades. El monitoreo de la calidad del agua cruda y tratada se realiza en forma normal con el personal Municipal.

4.5.2.1 Dosificación

Consiste en una línea de flujo que transporta el agua de los desarenadores a los sedimentadores, en esta se encuentra ubicada la canaleta Parshall, donde se añaden en la cámara mezcladora las dosis calculadas de los siguientes químicos:

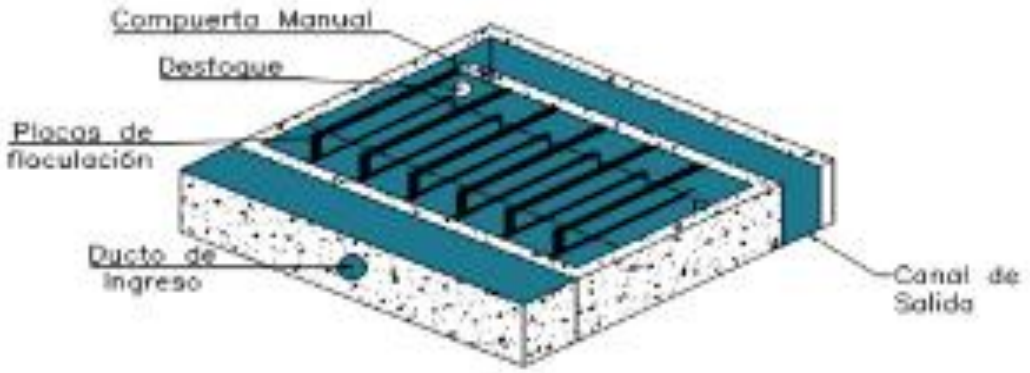
- Sulfato de aluminio, que ayuda a coagular los sólidos en suspensión y disminuir la turbidez a fin de clarificar el agua. La dosis es de 300 L/h.
- Hidróxido de Calcio o Cal, la cual se usa para ablandar el agua y eliminar sales minerales de calcio y magnesio, además de otras toxinas perjudiciales como el radón y el arsénico, equilibrando el pH (neutro) del agua. La dosis es la mitad del sulfato de aluminio, 150 L/h.
- Polímero, que sirve como floculante para aglutinar los sólidos en suspensión una vez terminada la coagulación. La dosis de polímero es de 0.5mg/l.

4.5.2.2 Floculación

La planta construida cuenta con dos floculadores hidráulicos de flujo horizontal, cada uno de ellos tiene tres zonas de floculación, con un volumen total aproximado de 100 m^3, que depende del caudal que se procese puesto que el nivel de agua varía dependiendo del mismo. Se utilizan floculadores hidráulicos con pantallas de flujo vertical, en las cuales, el agua se agita y cambia de velocidad, permitiendo el aglutinamiento de las partículas y haciendo que estas se precipiten al fondo.

La salida del lodo acumulado en los floculadores se hace mediante un ducto ubicado en el fondo, controlado por una compuerta manual. La estructura de los tanques floculadores se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Figura 13. Esquema de los floculadores de la planta de tratamiento de agua del río Colonso.

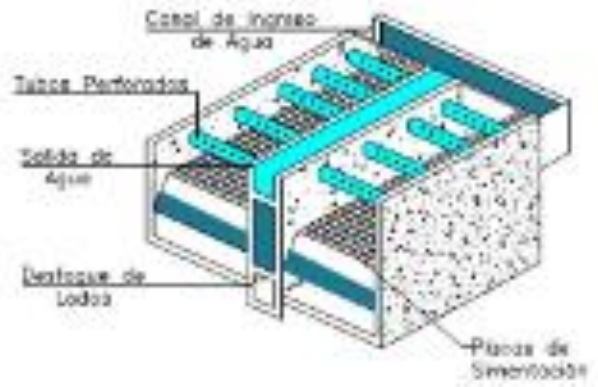


Nota: Adaptado de Investigación, Diseño e Implementación del control automático de la cámara de mezcla para mejorarla calidad del agua de la planta de potabilización "Colonso" (p. 8) por A. Constante.

4.5.2.3 Sedimentación

Etapa que se encarga de sedimentar las partículas en suspensión en el agua proveniente de los floculadores, por medio de placas de dilución, a fin de clarificar el agua antes de que ingresa a los calanes de colección (tubos perforados) los que permiten el paso del agua al tanque de almacenamiento. Su estructura se muestra en la ¡Error! No se encuentra el origen de la r eferencia.

Figura 14. Esquema de los sedimentadores de la planta de tratamiento de agua del río Colonso.



Nota: Adaptado de Investigación, Diseño e Implementación del control automático de la cámara de mezcla para mejorarla calidad del agua de la planta de potabilización "Colonso" (p. 9) por A. Constante.

Se encuentran en funcionamiento seis unidades de sedimentación laminar de alta tasa.

La recolección de agua sedimentada se realiza por medio de tuberías perforadas, colocadas todas a un mismo nivel, y diseñadas de modo que se mantiene sobre la clave del tubo una altura de agua de 0.10 m.

4.5.2.4 Filtración

Se trabaja con cinco baterías de filtros lentos descendentes que operan con el sistema de tasa declinante y se realiza el lavado mutuo que es de filtros rápidos, considerando la capacidad operativa y de equipamiento mínimo requerido, Los materiales filtrantes son la grava, la arena y la antracita.

4.5.2.5 Cloración

En esta etapa se agrega el cloro gas al tanque de almacenamiento mediante un inyector directo, por lo que la regulación de la cantidad de cloro se hace de forma manual. Este proceso se realiza para eliminar los microorganismos patógenos (virus y bacterias), permitiendo que el agua sea apta para el consumo humano. La dosis que se maneja es de 0,5mg/L de Cl por cada litro de agua.

4.5.3 Tercera etapa: Distribución

El sistema de distribución está constituido por las siguientes estructuras:

- Tanques de Reserva, conformados por tres unidades de almacenamiento.
- Red de distribución, conformado por circuitos o mallas y conexiones domiciliarias.

4.6 Sistema de mantenimiento actual de la planta de tratamiento de agua potable de Tena

Actualmente, no existe un sistema de mantenimiento como tal, esto se debe, según los operadores de esta, a la falta de gestión y deficiente administración de la Empresa de Agua Potable. Las pruebas de esto se ven reflejadas en que existen varios equipos que se encuentran deteriorados e incluso existen muchos elementos electrónicos que han sucumbido durante las tormentas eléctricas, propias de la estación invernal de la zona, los mismos que han resultado circuitados y que, hasta la fecha, no han recibido mantenimiento o reposición de los componentes dañados.

Sin embargo, si se da mantenimiento, aunque escaso, de la estructura general de la planta

de tratamiento, esto es retiro de sedimentos, reposición de partes, limpieza de maleza, pintura, etc. aun así, no se lleva un registro de estas reparaciones, su frecuencia, costos, personal necesario, ni otros datos que pudieran ser relevantes para una mejor gestión de los recursos.

Todo esto se suma al hecho de que, en los últimos años, las autoridades, tanto tomadores de decisiones, como directores y jefes de área, no hayan logrado que, aunque la función de la planta sea la de dotar de un servicio básico a la población de Tena, la unidad a cargo de la planta de tratamiento, reciba un mayor presupuesto y recursos tanto personales, como físicos. Esta situación, no es exclusiva de esta planta de tratamiento, sino que afecta a la gran mayoría de unidades en todos los cantones, especialmente de la Amazonía.

4.7 Mantenimiento a implementar en la planta de tratamiento de agua potable de Tena

4.7.1 Selección del tipo de mantenimiento

Tomando en consideración las definiciones de los tipos de mantenimiento mostradas en el punto 2.6 y observando el desempeño que la planta mantenía al realizar las actividades de mantenimiento con el método correctivo, se evidenció que la planta presenta serias carencias que son reflejadas en la cobertura y la calidad del servicio brindado.

Para seleccionar el tipo de mantenimiento se consideró el tiempo de vida útil de los elementos que constituyen el sistema de agua potable de Tena, desde el proceso de captación hasta la llegada del agua potable al tanque de reserva y distribución.

En base a lo expuesto, se decide escoger como modelo de mantenimiento, al preventivo dentro de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Tena, ya que prioriza a los equipos o máquinas en estado crítico para su mantenimiento y también se programan los monitoreos periódicos en donde se obtiene información que será usada en mantenimientos posteriores, es decir, lograr un mejoramiento continuo dentro de la planta.

De este modo se pretende evitar llegar a estados de daño total de los equipos o estructuras, y que estos dejen de funcionar, antes de aplicar el mantenimiento, como se ha venido haciendo hasta el día de hoy; sino que, al dar mantenimiento preventivo, se logre no sólo prolongar el tiempo de vida útil de los equipos, máquinas y estructuras, sino que la frecuencia con la que ocurren daños, se disminuya considerablemente.

Considerando lo anteriormente citado, se recomienda la implementación de un sistema

de gestión de mantenimiento para la planta de tratamiento, mismo que se complementaría con el manual de operación y mantenimiento del Anexo 5

4.7.2 Selección de la gestión de mantenimiento para la planta de tratamiento de agua potable de Tena

El optar por un modelo de gestión de mantenimiento permite definir los alcances de trabajo dentro de la planta, así como mostrar las diferentes carencias que posee y sus correcciones adecuadas para el mejoramiento de la misma. Dadas las definiciones de los tipos de gestión de mantenimiento en el numeral 2.6 y tomando en cuenta la realidad de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Tena, su forma de administración y gestión de recursos, se procede a escoger el modelo de gestión de mantenimiento:

Se descartó el TPM (mantenimiento productivo total) debido a la realidad de la planta, ya que este tipo de gestión prioriza la producción a su máxima capacidad, y en la zona de captación de la planta no siempre se trabaja con los máximos niveles de agua cruda requerida, es decir, la planta trabaja con los puntos críticos por su bajo caudal de abastecimiento

La gestión de mantenimiento basado en la fiabilidad también fue descartada ya que como su nombre lo indica, todos los equipos y mecanismos deben estar en óptimas condiciones de trabajo, pero la realidad de la planta, así como el hecho de pertenecer a una institución pública, no permite implementar debido al mal estado en el que se encuentran varios equipos.

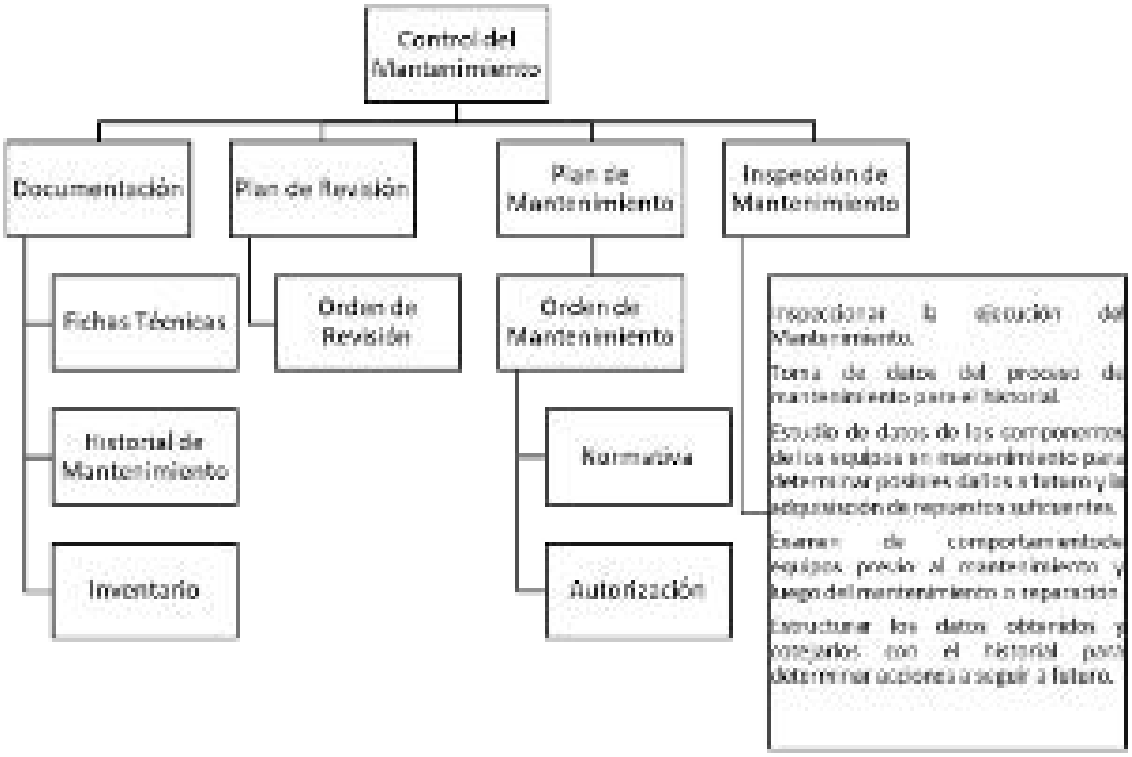
Finalmente se procede a seleccionar el sistema de gestión de mantenimiento basado en la gestión de activos, debido a que este modelo permite tener un control y manejo tanto de máquinas, herramientas y del personal que maneja los equipos. Este punto relacionado con el personal es uno de los motivos por el cual se selecciona el sistema de gestión de activos, puesto que incluye al personal de la planta como un activo dentro del sistema. Otro motivo de selección dentro de la gestión de activos es el seguimiento que se debe dar a los mismos, debido a que los equipos entre otros problemas tienen una codificación deficiente, una falta de documentación y un poco seguimiento de los equipamientos en el proceso productivo.

4.7.2.1 Proceso de gestión de control de mantenimiento.

La evaluación del estado de los equipos, sea este crítico o estable, es necesaria para planificar su mantenimiento o reparación dentro de las realidades del sistema de tratamiento de agua potable de Tena. A continuación, se muestran los elementos y herramientas usadas dentro

del control del mantenimiento.

Figura 15. Control de Mantenimiento



(Fuente: Propia, 2021)

4.7.2.2 Implementación del procesamiento de datos de las unidades operativas de la planta de tratamiento

Los datos obtenidos dentro de la planta deben ser manejados de forma útil y ordenada; además, deben ser de fácil acceso para poder realizar eficazmente los trabajos de mejoras programadas desde los más simples hasta los de mayor complejidad.

Existen dos formas de realizar la implementación: la primera es la forma manual, en la que los formatos aprobados son usados de manera correcta, cotejados entre ellos y analizados para proporcionar las mejores soluciones a fallos y puntos críticos. Posteriormente, deberás ser archivados de forma ordenada para su uso en futuras acciones.

La segunda forma es el uso de un software de mantenimiento que contenga toda la información digital. Se recomienda el software Sistema computarizado de gestión de Mantenimiento CMMS, por sus siglas en inglés.

Dada que, la administración municipal es la que dictamina la factibilidad de

adquisiciones, como el software de este caso, el procesamiento de datos se realizará de forma manual hasta que, de forma planificada, sea posible la adquisición del software. Para esto, debe socializarse el presente documento y el manual de mantenimiento por parte de los encargados de la planta.

4.8 Evaluación de la calidad de agua antes y después del tratamiento

Los análisis físico – químicos del agua realizados en ambas condiciones climáticas extremas (días lluviosos y días calurosos) y, considerando, además, los puntos de antes (en la captación) y después del tratamiento (final del tratamiento o antes de enviar a las redes de distribución hacia la ciudad), determinaron que existen parámetros que se encuentran fuera de los límites establecidos en la norma INEN 1108:2006, siendo los más representativos aquellos valores de las muestras de días lluviosos, con valores elevados de turbiedad, color, alcalinidad, nitritos, fosfatos y coliformes. Los resultados de los análisis se muestran en las tablas a continuación.

Tabla 12.

Análisis físico-químico y microbiológico del agua con y sin tratamiento en la planta de Colonso en días calurosos/soleados

PARÁMETRO	UNIDAD	AGUA CRUDA		TRATAMIENTO		LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
		SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 1	SEMANA 2	INEN 1108:2006
Color	Und Co/Pt	5	7	2	3	< 15
pH	Unid	6,92	6,58	6,67	7,03	6.5 - 8.5
Conductividad	µSiems/cm	37	45	44	40	< 1250
Turbiedad	NTU	3,0	6	0,5	1,3	5
Cloruros	mg/l	11,3	12,8	8,5	8,8	250
Dureza	mg/l	112,0	115.8	88,0	94,0	300
Calcio	mg/l	38,4	35,2	22,4	18,7	70
Magnesio	mg/l	3,9	8,1	7,8	8,1	30 – 50
Alcalinidad	mg/l	80,0	96,0	40,0	60,0	250 – 300
Bicarbonatos	mg/l	81,6	102,8	40,8	52,4	250 – 300
Sulfatos	mg/l	5,0	27,0	21,0	17,8	200
Amonios	mg/l	0,450	0,080	0,390	0,150	< 0.50
Nitritos	mg/l	0,01	0,041	0,01	0,004	0,01
Nitratos	mg/l	0,76	0,12	0,650	0,860	< 40
Hierro	mg/l	0,050	0,060	0,060	0,090	0.3
Fosfatos	mg/l	0,020	0,047	0,250	0,012	< 0.30
Sólidos Disueltos	mg/l	35,4	29,6	19,2	18,8	500

PARÁMETRO	UNIDAD	AGUA CRUDA		TRATAMIENTO		LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
		SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 1	SEMANA 2	INEN 1108:2006
Coliformes totales	NMP/100ml	17	36	0,0	0,0	<2
Coliformes fecales	NMP/100ml	0	3	0,0	0,0	<2

Fuente: (Freire Chafla, 2016)

Tabla 13.

Análisis físico-químico y microbiológico del agua con y sin tratamiento en la planta de Colonso en días lluviosos.

PARÁMETRO	UNIDAD	AGUA CRUDA			TRATAMIENTO			LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
		SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	INEN 1108:2006
Color	Und Co/Pt	160	130	220	29	22	18	< 15
pH	Unid	6,37	7,02	7,23	6,02	5,03	5,66	6.5 - 8.5
Conductividad	µSiems/ cm	35	45	42	41	32	35	< 1250
Turbiedad	UNT	29,0	66,7	47,0	7,3	8,3	7,4	5
Cloruros	mg/l	19,9	12,8	17,0	9,9	15,6	18,4	250
Dureza	mg/l	176,0	120,0	176,0	112,0	104,0	88,0	300
Calcio	mg/l	41,6	35,2	32,0	25,6	28,8	32,0	70
Magnesio	mg/l	17,5	7,8	23,3	11,7	7,8	1,9	30 - 50
Alcalinidad	mg/l	180,0	340,0	80,0	40,0	60,0	100,0	250 - 300
Bicarbonatos	mg/l	183,6	346,8	81,6	40,8	61,2	102,0	250 - 300
Sulfatos	mg/l	45,0	49,0	53,0	18,0	15,0	21,0	200
Amonios	mg/l	0,022	0,080	0,130	0,190	0,100	0,150	< 0.50
Nitritos	mg/l	0,025	0,071	0,021	0,070	0,040	0,068	0,01
Nitratos	mg/l	0,700	0,900	0,700	1,500	0,500	2,200	< 40
Hierro	mg/l	0,800	0,75	0,100	0,550	0,52	0,640	0.3
Fluoruros	mg/l	0,000	0,000	0,000	0,018	0,014	0,017	< 1.5
Fosfatos	mg/l	0,130	3,900	0,680	0,000	0,480	0,250	< 0.30
Sólidos Totales	mg/l	123,4	108,7	117,2	25,0	106,4	76,6	1000
Sólidos Disueltos	mg/l	34,	82,0	46,0	50,0	17,7	30	500
Coliformes totales	NMP/ 100ml	126,0	86,0	168,0	0,0	8,0	0,00	<2
Coliformes fecales	NMP/ 100ml	8,0	86	14,0	0,0	0,0	0,00	<2

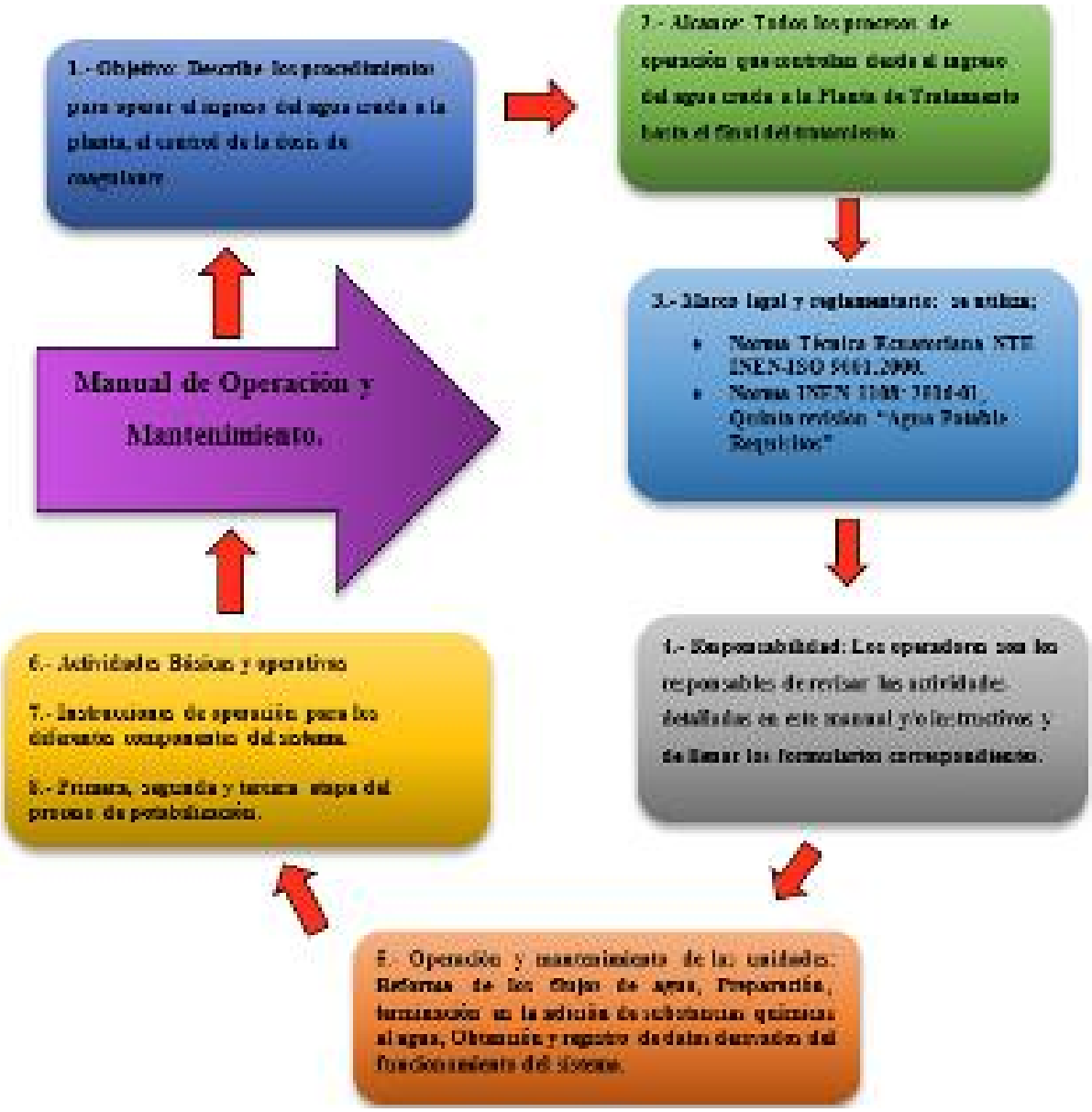
Fuente: (Freire Chafla, 2016)

4.9 Manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable de Tena

El manual de operación y mantenimiento se ha elaborado en base a lo expuesto en el

diagnóstico de la situación actual expuesto en el numeral 4.2, así como en la situación actual, tanto administrativa como económica del GADM Tena. El manual se encuentra en el Anexo5.

Figura 16. Esquema del Manual de Mantenimiento



(Fuente: Propia, 2021)

CAPÍTULO V

5.1 Conclusiones

5.1.1 Del diagnóstico de la planta de tratamiento de agua potable “Colonso” del cantón Tena

- Se realizó el diagnóstico de la planta de tratamiento de agua potable “Colonso” del cantón Tena, en base al cual se concluye que el estado general de la misma es medianamente escaso. Las principales causas son: la falta de recursos económicos como consecuencia de una inadecuada gestión por parte de los responsables de la unidad; y la falta de un control en los procesos de mantenimiento causados por la inexistencia de un sistema de gestión de mantenimiento.
- Existen muchos equipos electrónicos como son: macro medidores magnéticos, sensores de nivel, sensores de turbiedad, porta sensores de cloro residual y conductividad, módulo de electroválvulas de aire, etc. Que han sido afectados por los picos de energía generados durante las tormentas eléctricas comunes en la zona, mismos que no han sido reparados ni sustituidos por falta de presupuesto.

5.1.2 De la evaluación de calidad del agua antes y después del tratamiento

- Se realizó la evaluación del agua cruda que alimenta la planta de potabilización y del agua tratada, que ha pasado por los procesos de potabilización, la misma que se encuentra dentro de los parámetros de calidad de agua para consumo humano establecidos en la Norma INEN 1108:2006; sin embargo, el clima y la constante presencia de lluvia torrenciales, sumadas al arrastre de sólidos de los terrenos aguas arriba de la captación, por la naturaleza arcillosa de las formaciones geológicas de la zona, aumentan considerablemente el color y la turbiedad tanto del agua cruda como del agua tratada, haciendo que este parámetro sobrepase el valor máximo permitido.
- Mediante el estudio realizado por Elizalde (2015), los parámetros de alcalinidad, nitritos y fosfatos aumentan significativamente en épocas lluviosas. La presencia de nitritos en el agua cruda es indicativa de contaminación de carácter fecal reciente, lo que puede ser atribuido a sectores ganaderos aguas arriba de la captación, que a través de la escorrentía aumentan la cantidad de desechos arrastrados hasta el cauce del río. Por otro lado, los fosfatos pueden aumentar debido al arrastre de productos de carácter agrícola en sectores productivos aledaños a la captación.

- El aumento de la presencia de coliformes fecales en el agua cruda en épocas lluviosas puede atribuirse principalmente al arrastre de heces vacunas de sectores aledaños (agua arriba).
- Se encuentran debajo de los valores máximos permitidos, el hecho de que el agua sea un líquido vital de uso y consumo diario, es necesario tener un laboratorio, aunque este no contribuye totalmente al mejoramiento de la calidad del agua. Lo que mejora la calidad del agua son los procesos bien manejados y bien diseñados, así como la correcta implementación del sistema de gestión de mantenimiento, para asegurar el funcionamiento óptimo de todo el proceso, sin importar el clima, caso contrario, existe el riego de consumo de agua contaminada por parte de la población servida, y las posibles complicaciones de salud asociadas a esto.

5.1.3 De la elaboración del Manual de Operación y Mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable "Colonso" de Tena

- Se elaboró el Manual de Operación y Mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable "Colonso" de Tena, el mismo que tuvo como base el diagnóstico de la planta y los resultados del análisis de la calidad del agua tratada. Para dicho manual, se han establecido las actividades básicas de operación, así como las acciones de control y los trabajos de mantenimiento para las frecuencias diarias, semanales, quincenales, mensuales, trimestrales, semestrales, anuales y trienales, según la naturaleza de cada unidad operativa.
- Dado que el sistema de gestión de mantenimiento se basa en la gestión de los activos, el mantenimiento que con más frecuencia se realizará será el preventivo, a fin de evitar paradas innecesarias en el funcionamiento de la planta y prolongar el tiempo de vida de los equipos y maquinarias, es por esto que el manual deberá ser de fácil acceso, es decir, deberá encontrarse de forma física y digital en las oficinas administrativas, estaciones de trabajo de los técnicos y de las cuadrillas de mantenimiento. Adicionalmente, se exhibirá de forma visible el cronograma de mantenimiento por áreas y unidades operativas. También, se deberá contar con suficientes formatos impresos para que los datos puedan ser registrados.

5.2 Recomendaciones

- Considerando las frecuentes tormentas eléctricas que han estropeado los equipos electrónicos de la planta de tratamiento de agua potable, se recomienda la instalación de puestas a tierra adecuadas con varillas de copperweld, así como la implementación de Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (UPS por sus siglas en inglés), supresores de pico y otros dispositivos de protección eléctrica para estos equipos.
- Realizar investigaciones para la optimización de las soluciones utilizadas en el proceso de floculación y posterior sedimentación, para disminuir la cantidad de sólidos totales presentes en el agua en los días lluviosos.
- Buscar alternativas al proceso actual de potabilización como, por ejemplo, la aireación o la implementación de tratamiento con luz UV en lugar de la cloración, reduciendo los gastos por compra de reactivos.
- El manual propuesto, deberá ser revisado, aprobado, socializado y puesto en acción por la unidad a cargo de la planta de tratamiento. Asimismo, este deberá ser actualizado al menos una vez al año, conforme se vayan estableciendo las estadísticas por el procesamiento de datos, asegurando de este modo una mejora continua en el sistema de gestión del mantenimiento.
- Este manual deberá ser socializado con todo el personal operativo por el encargado de la planta. Así mismo, se socializará el uso de los formatos propuestos en los anexos de este documento y el procesamiento de los datos que se registren en los mismos. Para el registro, control y estadísticas que se realicen con estos datos, se designará un técnico que deberá reportar de forma mensual los resultados y observaciones que pudiesen llegar a existir.
- Se propone la implantación de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la gestión de activos, debido a que este modelo permite tener un control y manejo tanto de máquinas, herramientas y del personal que maneja los equipos.
- La implementación se realizará mediante la aplicación de acciones en 4 sectores:
    - Control de gestión, a través de codificaciones de los bienes, así como el registro de cada una de sus características, funcionamiento, especificaciones, vida útil, repuestos, entre otros.
    - Ordenes de trabajo de mantenimiento, mediante el uso de los formatos establecidos a fin de normalizar y consolidar la información para mejoras continuas e identificación de posibles puntos críticos dentro del sistema de

tratamiento de agua potable.

- Mantenimiento, a través de la aplicación y el cumplimiento del Manual de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Cantón Tena (Anexo 2)
- Procesamiento de datos, mediante el tratamiento estadístico de toda la información recopilada en los puntos anteriores para la mejora continua del sistema.

Bibliografía

Albornoz, J. (2019). *Manual de Mantenimiento.*

APLIKA2, E. (27 de Mayo de 2017). *www.slideshare.net.* Obtenido de Accion superficial de aguas superficiales: https://www.slideshare.net/caesaccupe/accion-superficial-de-aguas-superficiales

Arroyo, S. (2018). *repositorio.pucese.edu.ec.* Obtenido de CONDICIONES DE SALUD DE LA COMUNIDAD MILAGRO DE DIOS DE LA UNIÓN DE QUININDÉ: https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1623/1/ARROYO%20HIDALGO%20%20SONIA%20ALEXANDRA.pdf

Banco de Desarrollo Del Ecuador. (2019). *Mejoramiento integral del sistema de agua potable para la ciudad del Tena.*

BioAmp. (27 de Mayo de 2021). *BioAmp*. Obtenido de https://www.bioamp.es/lift-stations

Cañadas, L. (1983). *bibliotecas.espoch.edu.ec.* Obtenido de El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador: http://bibliotecas.espoch.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=20615&shelfbrowse_itemnumber=32345

Carrión, M. (20 de Marzo de 2020). *www.elagoradiario.com*. Obtenido de Cuanta agua hay en el planeta: https://www.elagoradiario.com/agorapedia/cuanta-agua-planeta/#:~:text=La%20Tierra%20tiene%20una%20disponibilidad,35%20millones%20de%20kil%C3%B3metros%20c%C3%BAbicos).

Elizalde, J. (2015). Ambato, Tungurahua, Ecuador. Obtenido de PROPUESTA DE REDISEÑO Y REPOTENCIACIÓN DEL LABORATORIO....: http://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/1716/1/TUABIFA007-2015.pdf

Elizalde, J. (2015). Ambato, Tungurahua, Ecuador. Obtenido de PROPUESTA DE REDISEÑO Y REPOTENCIACIÓN DEL LABORATORIO....: http://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/1716/1/TUABIFA007-2015.pdf

Estaciones Depuradoras S.A. (27 de mayo de 2021). *Estaciones Depuradoras*. Obtenido de http://www.estacionesdepuradoras.com/plantas-potabilizadoras/

Fedemetal. (1991). *repositorio.sena.edu.co*. Obtenido de Manual de Mantenimiento:

https://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#

Fernández, A. C. (16 de Octubre de 2012). *www.redalyc.org*. Obtenido de El agua: un recurso esencial: https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf

Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. (27 de Mayo de 2021). *Agua.org.mx*. Obtenido de https://agua.org.mx/glosario/agua-superficial/

Fontanero. (2016). *https://es.thefreedictionary.com/.* Obtenido de GranDiccionariodelaLenguaEspañola: https://es.thefreedictionary.com/fontanero

Freire Chafla, C. (2016). *Optimización del proceso de potabilizaciónd e agua en la Planta de Tratamiento Colonso: Tena.* Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tena. (2010). *Informe de recepción de la planta de tratamiento de agua potable del municipio del Tena.* Tena: GADMTENA.

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Tena GADMT. (2019). Manual de Operaciones y mantenimiento. Tena, Napo, Ecuador.

GreenFacts. (01 de Abril de 2020). *www.greenfacts.org.* Obtenido de Agua dulce: https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/agua-dulce.htm#:~:text=Definici%C3%B3n%3A,pero%20no%20en%20los%20oc%C3%A9anos.&text=M%C3%A1s%3A,de%20mar%20o%20agua%20salobre.

Hernandez. (s.f). *catarina.udlap.mx.* Obtenido de PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/hernandez_b_m/capitulo1.pdf

Hidrytec. (2016). *hidrytec.* Obtenido de Google: http://www.hidritec.com/hidritec/tratamiento-de-aguas-residuales-y-disminucion-de-dqo#:~:text=La%20DBO%20o%20Demanda%20Biol%C3%B3gica,ser%20degradado%20mediante%20procesos%20biol%C3%B3gicos.

Hurtado. (2008). *virtual.urbe.edu.* Obtenido de irtual.urbe.edu: http://virtual.urbe.edu/tesispub/0092769/cap03.pdf

Hydritec. (2016). *www.hidritec.com.* Obtenido de Tratamiento de aguas residuales y disminución de DQO: http://www.hidritec.com/hidritec/tratamiento-de-aguas-

residuales-y-disminucion-de-dqo#:~:text=La%20DBO%20o%20Demanda%20Biol%C3%B3gica,ser%20degradado%20mediante%20procesos%20biol%C3%B3gicos.

Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos - INEC. (Octubre de 2016). *www.ecuadorencifras.gob.ec.* Obtenido de ESTADÍSTICA DE INFORMACIÓN: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2015/Documento_Tecnico-Gestion_de_Agua_y_Alcantarillado_2015.pdf

Intituto Ecuatoriano de Normalización - INEN. (2011). *bibliotecapromocion.msp.gob.ec.* Obtenido de NTE INEN 1108 (2011) sobre Agua Potable: https://bibliotecapromocion.msp.gob.ec/greenstone/collect/promocin/index/assoc/HASH01a4.dir/doc.pdf

Intituto Ecuatoriano de Normalización - INEN. (2011). NTE INEN 1108 (2011) sobre Agua Potable. Quito, Pichincha, Ecuador: https://bibliotecapromocion.msp.gob.ec/. Obtenido de NORMA TECNICA ECUATORIANA: https://bibliotecapromocion.msp.gob.ec/greenstone/collect/promocin/index/assoc/HASH01a4.dir/doc.pdf

Intituto Ecuatoriano de Normalización - INEN. (Enero de 2014). *Norma Tecnica Ecuatoriana.* Obtenido de www.dspace.espol.edu.ec: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10608/8/Norma%20Inen%20Agua1108-2.pdf

Intituto Ecuatoriano de Normalización - INEN. (2014). *www.pudeleco.com.* Obtenido de NORMA TECNICA ECUATORIANA: http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf

ISO9001:2000. (Mayo de 2005). *www.mitma.gob.es.* Obtenido de Sistema de Gestión de Calidad según la Norma ISO 9001:2000: https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/iso90012000.pdf

Lopez, A., & Jimenez, B. (2016). *https://repository.udistrital.edu.co/.* Obtenido de Manual de operacion y manteniminiento de agua potable: https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4195/Anexo%20-%20Manual%20de%20operaciones%20PTAP%20San%20Antonio%20-

%20Asociacion?sequence=2

Martinez, D. (2009). *http://www.corpocaldas.gov.co/.* Obtenido de GUIA TECNICA PARA LA ELABORACIÓN DE PLANES DE MANEJO AMBIENTAL (PMA): http://www.corpocaldas.gov.co/publicaciones/1380/GUIA%20TECNICA%20PARA%20LA%20ELABORACION%20DE%20PMA%20(1)%20(1).pdf

Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador MAAE. (2021). *www.ambiente.gob.ec.* Obtenido de ACUERDO MINISTERIAL NO. MAAE-2020-011: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/08/ACUERDO-MINISTERIAL-ESTATUTO-ORGANICO.pdf

Montalvo, A. (2013). */www.dspace.uce.edu.ec.* Obtenido de MANUAL DE OPERACIÓN PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE: http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2106

Montenegro, V. (2017). *"REDISEÑO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA PARA*. Obtenido de dspace.espoch.edu.ec/: http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/6629/1/236T0260.PDF

Navarrete, G. (10 de Diciembre de 2020). Ingeniero. (W. Ambuludi, Entrevistador)

NormasISO9001. (2002). *www.normas-iso.com.* Obtenido de ISO 9001: https://www.normas-iso.com/iso-9001/

OMS. (14 de Junio de 2019). *www.who.int.* Obtenido de Agua: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water#:~:text=El%20agua%20contaminada%20puede%20transmitir,zonas%20con%20escasez%20de%20agua.

Organización Mundial de la Salud, O. (22 de Marzo de 2013). *Guías para la calidad del agua potable. Tercera Edición.* Obtenido de World Health Organization: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowsres.pdf

PaolaGarzon. (12 de Agosto de 2012). *es.slideshare.net.* Obtenido de trat-aguas-residuales: https://es.slideshare.net/PaolaGarzon2/trat-aguas-residuales-13950424

Patiño , F., & Cardenas , D. (2010). *dspace.ucuenca.edu.ec.* Obtenido de RESUMEN:

https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/725/1/ti853.pdf

Pérez de la Cruz, F. J. (2011). *Abastecimiento de Aguas. Captación de Aguas Superficiales.* Cartagena, Murcia, España: Universidad Politécica de Cartagena.

República del Ecuador. (13 de Julio de 2011). *www.oas.org.* Obtenido de Constitucion de la República del Ecuador: https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

Salazar López, B. (01 de junio de 2021). *Ingenieria Industrial Online*. Obtenido de https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/

Sánchez Rodríguez, A. (2010). La gestión de los antivos físicos en la función del mantenimiento. *Ingeniería Mecánica*, 72-78.

Senplades. (2014). *www.planificacion.gob.ec.* Obtenido de FOLLETO-Agua-SENPLADES: https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/FOLLETO-Agua-SENPLADES.pdf

Tapia, L. (04 de Noviembre de 2015). *extwprlegs1.fao.org.* Obtenido de Registro Oficial: http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf

Tavares, L. A. (2011). GESTIÓN DE ACTIVOS PARA EL MANTENIMIENTO. *Mantenimiento Mundial.*, 50-53.

Tecsa. (28 de Septiembre de 2018). que es el mantenimiento correctivo. https://www.tecsaqro.com.mx/blog/mantenimiento-correctivo/. Obtenido de ¿QUÉ ES EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO?: https://www.tecsaqro.com.mx/blog/mantenimiento-correctivo/

Unatsabaru. (2005). *sswm.info.* Obtenido de GUÍA DE PROCEDIMIENTOS PARA LA OPERACIÓN: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005.%20Gu%C3%ADa%20procedimientos%20para%20operaci%C3%B3n%20y%20mantenimiento%20de%20desarenadores%20y%20sedimentadores.pdf

United Nations Water. (2016). Compendium of Water Quality Regulatory Frameworks: Which Water for Which Use? *UN Water*, 21,35. Obtenido de sweet-water, n.

Vivanco, M. (2017). *http://scielo.sld.cu/*. Obtenido de LOS MANUALES DE PROCEDIMIENTOS COMO HERRAMIENTAS DE CONTROL INTERNO DE UNA ORGANIZACIÓN: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202017000300038

Viveros, P., Stegmaier, R., Kristanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (30 de mayo de 2021). *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo.* Obtenido de SciELO: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052013000100011

Wikipedia. (27 de mayo de 2021). *Wikipedia*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Afluente

Win. (2020). *mantenimiento.win.* Obtenido de Que es mantenimiento: https://mantenimiento.win/#:~:text=Mantenimiento%3A%20conjunto%20de%20actividades%20que,las%20que%20ha%20sido%20sometido.

ANEXOS

Anexo 1. Formato de orden de trabajo para mantenimiento de las unidades operativas de la Planta de Tratamiento de Agua Potable "Colonso" de la ciudad de Tena

ORDEN DE TRABAJO

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
COLONSO - TENA

TIPO DE ORDEN DE TRABAJO Mantenimiento ☐ Operación ☐

N° ORDEN DE TRABAJO: _____

FECHA Y HORA DE LA SOLICITUD: _____

SOLICITADO POR: _____

DEPARTAMENTO: _____

FIRMA JEFE DE OPER. Y MANT.

TIPO DE TRABAJO: Mecánico ( ) Eléctrico ( ) Limpieza ( ) Otros ( )_____

TRABAJO SOLICITADO

TRABAJO EJECUTADO

RECURSOS UTILIZADOS

MANO DE OBRA		*MATERIALES Y REPUESTOS*		*EQUIPOS*	
CANT.	*DESCRIPCIÓN*	*CANT.*	*DESCRIPCIÓN*	*CANT.*	*DESCRIPCIÓN*

OBSERVACIONES

FECHA Y HORA DE INICIO	FECHA Y HORA DE FINALIZACIÓN	TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL TRABAJO
REALIZADO POR:	**REVISADO POR:**	**AUTORIZADO POR:**

Anexo 2. Formato de inventario de equipo de la Planta de Tratamiento de Agua Potable “Colonso” de la ciudad de Tena

INVENTARIO DE EQUIPOS

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
COLONSO - TENA

ITEM	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	CÓDIGO	MARCA	ORIGEN	DESCRIPCIÓN
CAPTACIÓN						
1						
2						
SEDIMENTACIÓN						
3						
4						
5						
CLORACIÓN						
6						
7						
REALIZADO POR:		**REVISADO POR:**			**AUTORIZADO POR:**	

Anexo 3. Formato para el Historial de mantenimiento de los equipos, máquinas y estructuras de la Planta de Tratamiento de Agua Potable "Colonso" de la ciudad de Tena

HISTORIAL DE MANTENIMIENTO

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE COLONSO - TENA

MÁQUINA	_____	**SISTEMA**	_____
CÓDIGO	_____	**ÁREA**	_____

TIPO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ( ) CORRECTIVO ( )

FECHA	ACTIVIDAD	TIPO		PERSONAL RESPONSABLE	ORDEN DE TRABAJO	HERREMIENTAS	REPUESTOS	TIEMPO EMPLEADO	OBSERVACIONES
		PREVEN	CORREC						

REALIZADO POR:	REVISADO POR:	AUTORIZADO POR:

Anexo 4. Formato de Ficha Técnica de los equipos de la Planta de Tratamiento de Agua Potable "Colonso" de la ciudad de Tena

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE COLONSO - TENA

DESCRIPCIÓN FÍSICA			
MARCA:		***EMPAQUE:***	
MODELO:		***ACOPLAMIENTO:***	
POTENCIA:		***PROVEEDOR:***	
CAPACIDAD:		***PROCEDENCIA:***	
PRESIÓN:		***FOTOGRAFÍA:***	
VELOCIDAD:			
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:			
CARACTERÍSTICAS DE USO:			
REALIZADO POR:	**REVISADO POR:**	**AUTORIZADO POR:**	

“Planta de Tratamiento de Agua Potable Colonso”



Foto 1.- Captación tratamiento preliminar



Foto 2.- Rio Colonso



Foto 3.- Desarenador tratamiento preliminar



Foto 4.- Tanque de reserva



Foto 5.- Manipulación de equipos para controlar los procesos



Foto 6.-Mantenimiento (limpieza) de sedimentadores

Anexo 5. Manual de operación, control y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable “Colonso” – Tena

MANUAL DE OPERACIÓN, CONTROL Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE “COLONSO” – TENA

El presente Manual está destinado a facilitar las tareas de Operación y Mantenimiento del sistema de distribución de Agua Potable para la ciudad de Tena y debe ser considerado como una herramienta de trabajo que permitirá y facilitará la preparación, ejecución y evaluación de las actividades de operación y mantenimiento que permita un correcto funcionamiento del sistema, lo cual asegurará:

- Otorgar agua de buena calidad al consumidor
- Proporcionar al consumidor agua en forma continua
- Prolongar la vida de los equipos
- Disminuir los gastos de reparaciones
- Eficiencia de la operación y mantenimiento.

El Sistema de Agua Potable para El Tena fue concebido para proporcionar los siguientes beneficios y alcances que definen su naturaleza:

1. El suministro de agua será suficiente para satisfacer las necesidades actuales y futuras de la población.
2. El suministro será continuo, sin suspensiones sistemáticas dentro de la operación normal.
3. El dimensionamiento de la distribución permitirá unas presiones de servicio en la red no inferiores a 20 m. (Son excepcionales los puntos de condiciones particulares que no cumplen esta expectativa).
4. El agua suministrada será de una absoluta potabilidad.

1. OBJETIVO

El presente manual describe los procedimientos para operar el ingreso del agua cruda a la planta, el control de la dosis de coagulante, actividades secuenciales para realizar los procesos de: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, además del mantenimiento de sus unidades.

2. ALCANCE

Incluye todos los procesos de operación que controlan desde el ingreso del agua cruda a la Planta de Tratamiento, proveniente de la conducción desde la captación en el río Colonso, dosificación de coagulante, procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección del agua. Además, la ejecución y control en la operación de los filtros, control de la dosis de cloro utilizada en la desinfección, y retro lavado de las unidades de filtración; además, de operación y mantenimiento de tanques de reserva, conducción a gravedad y sistemas de distribución.

3. MARCO LEGAL Y REGLAMENTARIO

- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 9001:2000.
- Norma INEN 1108: 2016-01, Quinta revisión "Agua Potable Requisitos"

4. RESPONSABILIDAD

Los operadores son los responsables de revisar las actividades detalladas en este manual y/o instructivos y de llenar los formularios correspondientes.

El control de la documentación se lo hará en función del "Procedimiento para el control de documentación".

Los responsables del sistema deberán hacer cumplir cada una de las funciones:

- Operar y mantener adecuado el servicio,
- Inspeccionar periódicamente cada mecanismo del sistema, esto se realizará, mensual, trimestral y anualmente.
- Informar sobre el estado actual del sistema.
- Llevar el registro mensual de la operación y mantenimiento del sistema.
- Informar sobre las faltas de adquisición de materiales, herramientas, repuestos e insumos para un buen funcionamiento del procedimiento.

5. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS UNIDADES

La operación, para el asunto de un sistema de agua potable, tiene que ver esencialmente con las siguientes actividades:

- Reforma de los flujos de agua: aumento, disminuciones, cortes y desvíos.
- Preparación, terminación o cambio en la adición de substancias químicas al agua.
- Obtención y registro de datos derivados del funcionamiento del sistema.

Actividades Básicas

- Operación de las instalaciones y equipos constituyentes de los sistemas físicos, necesarios para la realización de los procesos de producción y distribución de agua potable.
- Control de los servicios proporcionados, en cuanto a calidad y cantidad de agua, continuidad y cobertura del servicio de agua

Actividades Operativas

- Entrenamiento de la persona designada para realizar las actividades de operación del sistema.
- Seguimiento por parte de la Jefatura Municipal de Agua Potable y obtención de la información operativa del sistema en base al funcionamiento del mismo.

Posteriormente, se presentan las ilustraciones primordiales de operación de cada uno de los mecanismos del sistema, aclarando que el personal determinado para esta actividad deberá también realizar en cualquier instante actividades de mantenimiento (sobre todo por la restricción de recursos, para contratar más personal).

Se muestran las instrucciones de operación para los diferentes componentes del sistema:

5.1. Alimentación

5.1.1. Captación – Ingreso de agua cruda

La toma del agua cruda se realiza en la estructura de captación en el río Colonso, desde donde es conducida hasta la estructura de ingreso de la nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable. El caudal captado es controlado mediante la operación de la válvula de mariposa provista de actuador eléctrico de la estructura de entrada en función de dos parámetros que son: el punto de operación (*set point*), fijado por el operador y el caudal registrado por el caudalímetro.

Con esos dos valores el actuador ajusta el cierre o la apertura parcial de la válvula cuya maniobra ajusta el caudal que va a la planta, y cuya posición se realimenta al controlador. Cuando la diferencia del caudal de operación o referencia (*set point*) y el caudal medido caudalímetro es menor al error permitido la operación del actuador eléctrico se detiene.

Inspección preliminar

- Verificar el estado de la fuente de abastecimiento.
- Revisar la bocatoma
- Limpieza de la bocatoma y verificación de que exista suficiente lámina de agua sobre esta, a fin de captar el caudal necesario para el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable.

Operación

- Inspección visual de la turbiedad del agua en la captación.
- Apertura de la válvula de entrada. Se deberá mantener abierta el tiempo necesario para que el caudal que ingrese sea suficiente.
- Registrar el caudal cada hora.
- Revisar y registrar las variaciones de caudal de entrada y cambios en las propiedades físico químicas del agua a tratar.
- Informar al jefe de operaciones sobre cualquier anormalidad encontrada.

Monitoreo

El monitoreo será responsabilidad del subdirector de la PTAP, encargado de validar las actividades que se ejecutan diariamente:

- Comprobar que se realicen las lecturas de caudal cada hora.
- Inspeccionar la conducción y su funcionamiento.
- Programar las actividades de limpieza y mantenimiento.

Actividades de mantenimiento

- Limpieza de rejillas. Retirar cualquier objeto sólido: hojas, troncos, ramas u otros presentes.
- Abrir o cerrar las compuertas del caudal según se requiera.
- Verificar el funcionamiento de las válvulas y lubricarlas en caso de requerirse.
- Considerar los cambios de caudal de agua cruda, calidad, turbiedad y sedimentos de gran tamaño e informar de los mismos.

5.1.2. Desarenador

Para el correcto funcionamiento del desarenador se debe llevar una vigilancia constante de la eficiencia del mismo, a fin de proceder con la evacuación de partículas acumuladas en el fondo de la unidad, antes de que estas superen el nivel máximo. Esta vigilancia está relacionada además con el control del ingreso de agua cruda y su calidad, misma que influye en la calidad del agua de salida.

Inspección preliminar

- Verificar el estado de la estructura del desarenador.
- Revisar el área adyacente y mantenerla despejada.
- Detección de fugas, roturas y cuerpos extraños.

Operación

- Verificar el nivel del agua en el dispositivo de aforo de cada unidad.
- Ajustar la válvula de entrada hasta el nivel designado para la operación.
- Cuantificar la turbiedad del agua a la entrada y salida del desarenador.
- Evacuar las partículas del fondo de la unidad.
- Llevar un registro de cambios de caudal y fecha de lavado o mantenimiento de esta unidad.

Mantenimiento

El mantenimiento del desarenador se realiza bajo el siguiente esquema:

1. Cortar el flujo de agua cerrando la válvula de entrada.
2. Limpieza de la cámara de entrada con cepillos de cerdas duras o hidro lavadora para desprender las partículas acumuladas en el fondo.
3. Limpieza de los residuos desprendidos abriendo la válvula de evacuación.
4. Enjuague de residuos restantes antes del funcionamiento.
5. Cerrar los drenajes y abrir la válvula de entrada.

5.1.2.1. Línea de Conducción

Se deben establecer las siguientes operaciones:

- Limpiar el área próxima a la línea de conducción retirando matorrales, troncos, hojas, árboles de gran tamaño, etc., para facilitar la inspección.
- Revisar y observar si hay fugas, evasiones o hundimientos de tierra que puedan sobresaltar la línea, e inspeccionar detenidamente cualquier espacio húmedo anormal sobre la tubería enterrada.
- Maniobrar las válvulas de desfogue para evacuar los sedimentos que se hayan acumulado y mantener el funcionamiento de vástagos y compuerta.
- Limpiar los cajones rompe presión retirando el lodo y limpiando con una escobilla las paredes y el fondo de la caja.
- Comprobar el funcionamiento de las válvulas de flotador (aire) del siguiente modo:
- Operar el flotador hacia arriba para observar si el cierre es completo. Luego, dejarlo en una visión más baja para verificar el fácil flujo de agua.
- Revisar la válvula de aire para estar al tanto si tiene perforaciones que permitan la entrada de agua dentro de él.

- Todas las válvulas de aire deberán ser examinadas y maniobradas durante cada recorrido que realice el operador, esto es habitualmente.

5.1.3. Actividades periódicas de mantenimiento en el Sistema de Captación

Tabla N° 1.

Actividades de mantenimiento periódico de la unidad de Alimentación.

Unidad:	**ALIMENTACIÓN**
Frecuencia:	**Diaria**
Responsables:	Operador de la planta
Herramientas:	Herramienta menor (Palas, palustres, cepillos metálicos, etc.) Libros y formatos de registro. Bitácora.
ACTIVIDADES • *Recorrido para verificar si existen roturas, presencia de humedad y otros posibles daños.* • *Verificación del correcto funcionamiento de las válvulas de aire.* • *Verificación del estado de pasos de tubería sobre ríos, esteros, quebradas, etc.* • *Chequeo de influencia de raíces para evitar roturas o cualquier otra emergencia.*	

Fuente: (Elaboración Propia, 2021)

Tabla N° 2.

Actividades de Mantenimiento periódico de la unidad de Captación

Unidad:	**CAPTACIÓN**
Responsables:	Operador de la planta Fontanero
Herramientas:	Herramienta menor (Palas, palustres, cepillos metálicos, etc.) Pintura anticorrosiva Repuestos menores para compuertas (pernos, tuercas, láminas de acero, perfilería metálica, vástagos, etc.) Libros y formatos de registro. Bitácora.
Frecuencia:	**Diaria**
ACTIVIDADES Recorrido para revisión de rejillas.	
Frecuencia:	**Semanal**
ACTIVIDADES	

Unidad: **CAPTACIÓN**

- *Inspección de la estructura de captación, rejillas de entrada de agua, tuberías de entrada, compuertas y cámaras húmedas para detectar cualquier situación fuera de lo normal.*
- *Limpieza y eliminación de materiales extraños que pudieran haberse depositado sobre el área de la rejilla horizontal de entrada. En particular se despejarán elementos tales como troncos, ramas, hojas y desechos.*
- *Limpieza del área vecina a la captación.*
- *Deshierbe y otras zonas verdes alrededor de la captación.*

Frecuencia:	**Quincenal**

ACTIVIDADES

- *Limpieza de rejillas y remoción de cuerpos extraños.*

Frecuencia:	**Mensual**

ACTIVIDADES

- *Retiro de musgo, algas y organismos vivos en el interior de la captación.*

Frecuencia:	**Trimestral**

ACTIVIDADES

- *Revisión de la captación a fin de limpiar y desalojar las acumulaciones de piedras, arena u otros materiales en la parte anterior o aguas arriba de la estructura de captación, utilizando la compuerta correspondiente en caso de ser necesario.*
- *Limpieza a fondo del terreno que circunda la captación, eliminado basura, piedras, arena o materiales de desecho que pudiese haberse acumulado como resultado de las operaciones de mantenimiento. Esas acumulaciones se deberán transportar hasta una zona designada como receptora general de los desechos de la captación.*
- *Engrase de los elementos móviles de las compuertas.*

Frecuencia:	Anual

ACTIVIDADES

- *Realizar el mantenimiento trimestral.*
- *Inspección total de la captación, terreno circundante y sectores inmediatos.*
- *En el caso de la estructura: revisión de la rejilla de las tuberías de entrada, examinándola para determinar si su condición es buena desde los puntos de vista de posible corrosión, torceduras por impacto de troncos u otros deterioros. En caso de daños se realizará la reparación.*
- *Examen exhaustivo de todas las compuertas para establecer si existen fugas notables, elementos flojos, partes sueltas o deterioradas, etc. Si se hallara alguna de estas situaciones se reparará lo necesario.*
- *Reposición de la pintura anticorrosiva en los elementos metálicos que la tuviesen dañada.*
- *Reparación cuidadosa de las grietas o cualquier clase de fallas que se localiza en la obra civil de la captación.*

Unidad:	**CAPTACIÓN**
Frecuencia:	Trienal
ACTIVIDADES • *Realizar el mantenimiento anual.* • *Pintura interior y exterior completa de todas las estructuras que no se encuentren taponadas por tierra o agua en la captación.*	

Fuente: (Elaboración Propia, 2021)

Tabla N° 3. *Actividades de Mantenimiento periódico de la unidad de Desarenado*

Unidad:	**DESARENADOR**
Responsables:	Operador de la planta Albañil
Herramientas:	Herramienta menor (Palas, palustres, cepillos metálicos, etc.) Empaques de válvulas Pernos, tuercas. Pintura Anticorrosiva. Libros y formatos de registro. Bitácora.
Frecuencia:	Diaria
ACTIVIDADES • *Inspección visual* • *Operación y mantenimiento de válvulas.*	
Frecuencia:	Semanal
ACTIVIDADES • *Inspección de toda la unidad y válvula de desagüe.* • *Eliminación de materiales flotantes o desechos que estuviesen retenidos en el canal de entrada.* • *Apertura de la válvula de desagüe por un período de 5 a 10 minutos con el fin de evacuar arena sedimentada.* • *Deshierbe para las zonas verdes aledañas a la unidad*	
Frecuencia:	Quincenal
ACTIVIDADES • *Limpieza de la estructura: retiro de sedimentos y partículas mayores.*	
Frecuencia:	Mensual
ACTIVIDADES • *Mantenimiento y limpieza de todos los elementos que confirman el desarenador: compuertas, válvulas, desfogue, etc.*	
Frecuencia:	Anual
ACTIVIDADES	

Unidad: **DESARENADOR**

• *Revisión estancada de todos los fragmentos de la unidad, para determinar si es necesario proceder a reparaciones.* • *Limpieza y expulsión de sedimentos que se hayan acumulado en el cajón de entrada y en la válvula de desagüe.* • *Inspección de válvulas para instaurar si hay inconvenientes que deban someterse a reparación.* • *Remodelación en los elementos metálicos que estuviesen deteriorados, se lo realiza con pintura anticorrosiva.* • *Indemnización esmerada de todas las aberturas o fallas que se localizasen en cualquier sitio de la obra civil*	
Frecuencia:	Trienal
ACTIVIDADES • *Ejecutar mantenimiento de un año.* • *Pintar todas las estructuras (interior y exterior) que no se encuentren bajo tierra y sumergidas en el agua.*	

Fuente: (Elaboración Propia, 2021)

Tabla N° 4. *Actividades de Mantenimiento periódico de la línea de conducción.*

Unidad: **LÍNEA DE CONDUCCIÓN**

Responsables:	Operador de la planta Fontanero
Herramientas:	Herramienta menor (Palas, palustres, cepillos metálicos, etc.) Accesorios (codos, válvulas, uniones, empaques) Pintura Anticorrosiva. Libros y formatos de registro. Bitácora.
Frecuencia:	Diaria
ACTIVIDADES • *Inspección visual y lectura de macro medidores* *Recorrido y revisión para detección de fugas y daños.*	
Frecuencia:	Semanal
ACTIVIDADES • *Inspección completa de las conducciones, en los tramos desde la captación hasta la planta de potabilización y tanques de reserva. Se comprobará si hay fugas, obstrucciones u otras situaciones fuera de lo normal.* • *Al recorrer las conducciones se pondrá atención especial en las obras de arte, válvulas de aire y desagüe.*	
Frecuencia:	Quincenal
ACTIVIDADES	

Unidad: **LÍNEA DE CONDUCCIÓN**

• *Inspección y operación de válvulas.*	
Frecuencia:	Mensual
ACTIVIDADES • *Identificación de conexiones ilegales.*	
Frecuencia:	Semestral
ACTIVIDADES • *Revisión detenida de cada una de las obras de arte, elementos mecánicos y obras civiles en general de las conducciones, comprobando si su funcionamiento se mantiene dentro de los límites normales.* • *Limpieza general de la faja reservada a lo largo de la conducción, con objeto de dejar dicha faja totalmente limpia y libre de vegetación u otros obstáculos.* • *Reposición de la pintura anticorrosiva de los elementos metálicos que la tuviesen dañada*.	
Frecuencia:	Anual
ACTIVIDADES • *Realizar el mantenimiento de 6 meses.* • *Limpieza total de matorrales u otros obstáculos que existiesen a lo largo de la línea.* • *Pintura interior y exterior completa de todas las estructuras que no se encuentren tapadas por tierra.*	

Fuente: (Elaboración Propia, 2021)

5.2. Tratamiento y potabilización

5.2.1. Canal Parshall

El Canal Parshall tiene don funciones principales:

1. Permitir la medición del caudal.
2. Permitir la dosificación de químicos, aprovechando el resalto producido durante la turbulencia del agua en el ancho de la garganta.

Operación

- Verificar la correcta dosificación de químicos mediante un inyector, ya sea manual o mecánico.
- Aplicar los químicos (sulfato de aluminio) en el punto de turbulencia para permitir una correcta incorporación.

Mantenimiento

- Verificación del estado de válvulas y tuberías de entrada y salida.
- Limpieza y retiro de maleza, objetos extraños o sedimentos en las paredes y el fondo del canal.
- Control adecuado del flujo, evitando exceder el caudal de diseño y el ingreso de arenas y partículas sólidas.
- Cuando se realicen reparaciones, no modificar el diseño o dimensiones del canal para no afectar las mediciones ni su funcionamiento.

5.2.2. Dosificación del Coagulante

Es necesario indicar que cada turno de operación está constituido generalmente por dos operadores que trabajan las 24 horas del día, que laboran en horarios rotativos de 07h00 a 19h00 y de 19h00 a 07:00

El operador conoce el caudal de tratamiento, el mismo que se indica en la estación de operación ubicada en el laboratorio. Este dato se registra en el formulario: "Control de operación".

Previa a la dosificación, el operador debe preparar la solución en los tanques que para el efecto hay en el edificio administrativo y de dosificación química.

La dosificación de coagulante se realiza volumétricamente mediante el uso de bombas dosificadoras de tipo peristáltico las cuales deberán regularse de acuerdo al procedimiento, de acuerdo al caudal y dosis óptima determinada en la prueba de jarras.

Inspección preliminar

- Comprobar que exista suficiente cantidad de sulfato de aluminio cumpliendo con los estándares de calidad para operar.
- Verificar el estado de funcionamiento del dosificador
- Inspeccionar la disponibilidad de agua para instituir la solución del coagulante
- Examinar los equipos para la elaboración del test de jarras.

Operación

- Adaptar el dosificador dependiendo del caudal de entrada y de la dosis necesaria para aplicar.
- Abrir la válvula del agua para abastecer el caudal necesario y poder formar la solución del coagulante.
- Remover el equipo dosificador.

- Verificar que no hallan obstrucciones en la tubería que conduce la solución de la coagulación hasta la mezcla rápida.
- Verificar que la dosis optima se aplicó en el punto mayor turbulencia.

Operación diaria

- Registrar cada hora en la minuta la dosis aplicada, además del caudal y la turbiedad del agua.
- Verificar que se disuelve completamente la dosis de sulfato de aluminio.
- Determinar la cantidad de sulfato de aluminio consumido durante las 24horas.
- Comunicar al subdirector cualquier anormalidad existente durante la aplicación del coagulante.
- Chequear que existe la suficiente agitación en la estructura y la aplicación del coagulante sobre toda la masa agua.

Monitoreo

El subdirector de operación de la PTAP Colonso debe verificar las siguientes actividades.

- Cerciorarse que el coagulante contenga la dosis optima
- Examinar que la dosis optima se está aplicando correctamente y el dosificador es ajustado con anterioridad
- Inspeccionar el estado del dosificador
- Verificar la existencia, estado y aplicación del sulfato de aluminio
- Reconocer si existen daños en la estructura e informarlos al subdirector de operaciones.

5.3. Floculador de Flujo Horizontal

La función específica que cumple el floculador de flujo horizontal es la formación del floc, a medida que el agua atraviesa cada una de las pantallas o canales de los floculadores para la formación de flóculos y disminuir la velocidad del flujo para la recepción del siguiente proceso.

Las consideraciones que se toman en cuenta para una correcta operación del floculador son:

- Observar que el caudal de agua no varíe, asegurando una mezcla efectiva del coagulante.
- Determinar la turbiedad con mayor periodicidad en épocas de lluvia e invernales.

Mezcla rápida: La aplicación de la solución de coagulante a la concentración adecuada se realiza en la parte final del canal de fondo inclinado mediante la tubería perforada que distribuye el flujo de coagulante a todo lo ancho del canal.

Floculación: Posteriormente a la mezcla rápida se produce la floculación o formación de floc. Los floculadores son de tipo hidráulico, de flujo vertical y con 3 zonas de floculación cada uno.

Inspección preliminar

- Verificar el funcionamiento del dosificador, el punto de aplicación del coagulante y la mezcla rápida estén funcionando adecuadamente.
- Observar que no haya ninguna obstrucción.
- Verificar si por el exceso de velocidad de las aguas, los flóculos no se rompen en la entrada de los sedimentadores, si esto sucede se debe disminuir el caudal.

Operación

- Revisar el estado de los compartimientos
- Llenar la unidad lentamente
- Informar al subdirector de operaciones si existen daños en la estructura o cualquier anormalidad presentada
- Apagar el equipo de dosificación cuando se haya aplicado totalmente la dosis optima.

Operación diaria

- Verificar la aplicación del coagulante en el sistema de mezcla rápida
- Mantener el caudal de diseño constantemente con el fin de garantizar una floculación adecuada.
- Revisar la formación del floculante y la dosis aplicada es la correcta tomando una muestra a la salida del floculador
- Validar que el tiempo de contacto en la unidad de mezcla lenta es el suficiente para la formación de los flóculos, garantizando un buen tamaño y un peso adecuado.

Monitoreo

Se debe verificar lo siguiente:

- Los floculadores están operando bajo el caudal de diseño.

- La velocidad de sedimentación.
- Llevar los registros.
- Informar al subdirector de operaciones daños en la unidad o anomalías presentadas.

Mantenimiento

El mantenimiento y lavado de cada floculador se realiza cada mes, se siguen los siguientes pasos:

1. Reducir el caudal de tratamiento.
2. Cerrar la compuerta de ingreso antes del vertedero
3. Abrir la válvula de desagüe del floculador.
4. Desarenar el fondo del floculador utilizando manguera a presión.
5. Lavar las láminas, paredes y piso del floculador mediante la utilización de cepillos.
6. Desinfectar el floculador con una solución concentrada de hipoclorito de calcio (disolver 500g de hipoclorito de calcio en 40 l de agua), por un periodo de 15 minutos.
7. Enjuagar con hidro lavadora.
8. Cerrar la válvula de desagüe del floculador.
9. Abrir la compuerta de ingreso a los floculadores.
10. Incrementar el caudal de tratamiento.
11. La fecha de cumplimiento de esta actividad se registra en el formulario respectivo.

5.4. Sedimentador

La función del sedimentador es clarificar y sedimentar los flóculos formados en el agua proveniente del proceso de floculación. La Planta cuenta con 2 sedimentadores, que están provistos de seditubos para mejorar la sedimentación. Cada sedimentador está dividido en dos zonas laterales de sedimentación separada por un canal central de dos pisos, de los cuales el inferior constituye el múltiple de repartición de agua floculada y el superior el canal de recolección de agua sedimentada.

La recolección del agua sedimentada es mediante cinco tuberías de acero de 150 mm, perforadas colocadas transversalmente en cada zona y provistas de 15 orificios de 25 mm de diámetro.

La operación de purga del lodo de los sedimentadores será periódica. El periodo de purga de lodos del sedimentador será establecido en base a la experiencia obtenida en la operación de la planta. En el PLC se configurará los temporizadores y este enviará los comandos de apertura y cierre de las válvulas de purga.

Inspección preliminar

Para su correcto funcionamiento se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Verificar el desempeño de los procesos anteriores
- El flujo deberá estar siempre en régimen laminar.
- El ángulo de inclinación de las placas es de 60 grados para rendimiento bueno y un adecuado funcionamiento, además, las placas deberán ser seleccionadas correctamente, de modo que aseguren una eficiente y continua remoción de lodos.

Operación

- Una organización adecuada del caudal total entre todas las unidades de sedimentación. Al no existir placas rotas o desplazadas que pudiera aumentar la velocidad del agua a través de la zona de sedimentación.
- Una recolección uniforme del agua sedimentada, tanto entre los diferentes tubos o canales recolectores, como a lo largo de un mismo tubo o canal.
- La altura del lodo decantado por ninguna ocasión debe alcanzar la zona de entrada a la unidad, esto provocaría un desplazamiento de los mismos fuera del sedimentador.

Operación diaria

- Revisar los procesos de las unidades de mezcla rápida y lenta.
- Inspeccionar la turbiedad del agua.
- Examinar que el sedimentador este removiendo el 90% o más de la turbiedad que ingresa
- Vigilar la fermentación de lodos
- Chequear si existen daños en la estructura e informarlos de manera inmediata
- Controlar que todas las canaletas de aguas extraigan la misma cantidad de agua.

Monitoreo

El operador de la planta debe:

- Realizar una inspección visual sobre las canaletas.
- Chequear que no existan fugas y/o daños en la infraestructura.
- Solicitar al subdirector de operaciones de la PTAP Colonso resarcimientos en caso necesario.
- Comunicar al subdirector de operaciones problemas presentados.

Mantenimiento

El mantenimiento y lavado de cada sedimentador se realiza cada mes conjuntamente con el lavado del floculador en línea, se siguen los siguientes pasos:

1. Abrir la válvula de desagüe del sedimentador y vaciarlo completamente.
2. Posteriormente cuando la unidad este completamente vacía, iniciar con la zona depósito de lodos y revisar canal de desagüe, empezando con el lavado usando agua a media presión de abajo hacia arriba y de arriba hacia abajo.
3. Se lavan tanto los seditubos como las paredes del sedimentador con cepillos y con chorro de agua.
4. Se prepara una solución concentrada de hipoclorito de calcio (disolver 500 gramos de hipoclorito de calcio en 40 litros de agua) por un periodo de 15 minutos para desinfectar y asegurar el mantenimiento de las paredes del sedimentador. Lavar canaletas de recolección de agua sedimentada
5. Cerrar la válvula de desagüe del sedimentador.
6. Llenar el sedimentador a continuación del floculador
7. La fecha de cumplimiento de esta actividad se registra en el formulario:
8. "Actividades de limpieza", en la estación de operación

5.4.1. Filtro de acción lenta

El módulo de la planta de tratamiento de agua potable cuenta con 5 filtros de tasa declinante y lavado mutuo. En este tipo de filtros el caudal producido por la batería de filtros es constante pero cada filtro produce un caudal diferente dependiendo del grado de limpieza.

Para lograr esta forma de funcionamiento, al inicio de la operación se debe establecer la secuencia de lavado de cada filtro de manera que solo se lava un filtro cada vez y el siguiente se lava luego de un intervalo igual a la permanencia de la filtración dividida para el número de filtros, con lo cual el grado de limpieza de los filtros resulta escalonado al igual que su caudal de producción, y va variando a lo largo de la carrera de filtración desde un máximo cuando el filtro está recién lavado hasta un mínimo cuando está a punto de volver a ser lavado. Durante este intervalo, el nivel de agua en el canal común de alimentación de agua sedimentada sufre un incremento desde un mínimo cuando el filtro recién lavado es vuelto a poner en operación hasta un máximo predeterminado que indica que el nuevo filtro más sucio debe ser lavado.

Inspección preliminar

- Destitución de la unidad de sedimentación.
- Comprobar el estado de las capas que conforman los filtros.
- Examinar si existen escombros sobre el lecho filtrante, en caso de haber limpiarlos.
- Verificar la línea de conducción hacia el tanque de almacenamiento que se encuentra libre de obstáculos.

Operación

- Llenar el filtro lentamente y en forma ascendente, de modo que la unidad se abastezca la unidad hasta que el agua surja a la superficie.
- Nivelar la superficie del lecho de arena abriendo la válvula de vaciado hasta que el agua descienda.
- Igualar las irregularidades en la superficie de la arena.
- Ejecutar un nuevo llenado hasta alcanzar la superficie de llenado.
- Abrir la válvula de regulación y desagüe del agua filtrada, ajustar la velocidad de filtración.
- Separar el material flotante desprendido del lecho.
- Inspeccionar la calidad del agua durante el período de maduración.
- transportar el agua al sistema de abastecimiento, para esto, cerrar la válvula de desagüe y luego abrir la válvula de distribución.

Lavado automático del filtro

Para la operación de los filtros se dispondrá del PLC que dará los comandos de apertura y cierre de las válvulas de control siguiendo el procedimiento indicado a continuación:

El lavado del filtro cuyo turno le corresponde de acuerdo a la secuencia establecida se inicia cuando el nivel de agua en el canal común de alimentación a los filtros ha llegado al nivel máximo prefijado o cuando la turbiedad de salida del filtro ha superado un nivel establecido (mayor o igual a 1 NTU).

En el filtro correspondiente se procede cerrar la válvula de ingreso de agua sedimentada, se abre la válvula de drenaje y una vez que el nivel de agua en el filtro llegue al borde del canal de recolección de agua de lavado. Una vez alcanzado este nivel se permite el ingreso de aire al filtro abriendo la válvula de ingreso de aire, durante un tiempo T1, luego se suspende el ingreso de aire y se permite el ingreso del agua de lavado abriendo la correspondiente válvula durante un tiempo T2. Finalizado el tiempo T2 se suspende el ingreso de agua de lavado se cierra la válvula de desagüe y se abre la válvula de ingreso de agua sedimentada al filtro con lo cual se reinicia el proceso de filtración.

Lavado del filtro manual

Desde el terminal de operación de control manual ubicada en el área de los filtros se operarán las válvulas manualmente, con las siguientes actividades.

1. Cerrar la válvula de ingreso al filtro (agua sedimentada)
2. Cerrar la válvula de la tubería de interconexión que permite la salida de agua filtrada.
3. Abrir la válvula de desagüe del filtro.
4. Se lavan las paredes del filtro con cepillos e hidrolavadora. Se prepara una solución concentrada de hipoclorito de calcio (disolver 500 g de hipoclorito de calcio en 40 litros de agua) para desinfectar y asegurar el mantenimiento de las paredes y lecho filtrante (actividad mensual).
5. Abrir la válvula de aire por un tiempo determinado.
6. Cerrar la válvula de aire.
7. Se abre lentamente la válvula de la tubería de interconexión para permitir el ingreso del agua de retro lavado.
8. El retrolavado dura aproximadamente 6 minutos o hasta que se observe que el agua esté completamente clara.
9. Se lavan las paredes del filtro con chorro de agua, para lo cual se utiliza la bomba para lavado y mantenimiento de unidades.
10. Una vez finalizado el retrolavado, se cierra lentamente la válvula de ingreso del agua de retrolavado.
11. Una vez que se ha vaciado el agua de lavado, cerrar la válvula de desagüe del filtro y abrir la válvula de salida del agua filtrada.
12. En función del tiempo que duró el retrolavado, obtener de la tabla: “Tiempo de retrolavado vs Consumo de agua”, el volumen de gasto de agua en el retrolavado.

Puesta en operación de un filtro luego del lavado.

1. Verificar que la válvula de desagüe esté bien cerrada.
2. Abrir la válvula de ingreso del agua sedimentada al filtro.
3. Abrir la válvula del falso fondo y dejar filtrar por aproximadamente tres minutos.
4. Cerrar la válvula del falso fondo del filtro.
5. Abrir la válvula de la tubería de interconexión para permitir el paso del agua filtrada al tanque común.
6. Registrar la hora de entrada a operación del filtro en el formulario: “Control de operación de filtros”, en la estación de trabajo.

Monitoreo

El operador de la planta debe tener en cuenta lo siguiente para tener un buen funcionamiento de los filtros.

- Examinar el sistema de filtración
- Constatar el funcionamiento de los filtros con relación a la calidad del agua y el nivel de agua en los filtros
- Reconocer los procedimientos de lavado se están ejecutando de manera adecuada

Actividades de mantenimiento

- Chequear que las válvulas estén funcionando en forma adecuada.
- Lavar los filtros cada 24 horas o cuando sea necesario teniendo en cuenta el caudal del agua filtrada y la turbiedad del efluente.

5.4.2. Desinfección

La desinfección en la Planta Colonso se hace mediante la dosificación de cloro gas. La dosis de cloro gas varía en función de la calidad del agua y del caudal de ingreso. El parámetro de control de la dosis de cloro 0,5 mg/L Cl por cada litro de agua, el cloro residual, valor que tiene que estar entre 1.0 – 1.4 mg/l en el tanque de contacto. El cloro residual es medido y registrado automáticamente en la estación de operación en el formulario: "Control de calidad de agua".

Retiro de operación de los cilindros

1. Verificar que se haya terminado el contenido de gas cloro en los cilindros.
2. Esto se consigue comprobando que las balanzas marquen cerca de cero y/o que no exista reducción en la lectura de la balanza en un tiempo determinado.
3. Se realiza el cambio, una vez que se ha terminado el contenido del cilindro.
4. Cerrar la válvula de salida del cilindro de cloro vacío.
5. Aflojar el perno de seguridad, sacar el cabezal de dosificación.
6. Se retira el cilindro vacío a la zona de almacenamiento.

Operación los cilindros

1. Colocar el cilindro lleno en la balanza.
2. Poner la manecilla del dial de la balanza en el valor correspondiente.
3. Colocar el cabezal de dosificación y ajustar los pernos de seguridad, cambiando previamente el empaque de plomo en la válvula de seguridad, siempre con empaque nuevo.
4. Mantener la presión de agua hasta producir vacío en el inyector.
5. Verificar que no existan fugas de cloro gas en los cilindros, válvulas y tuberías con una solución de hidróxido de amonio (cuando existen fugas de cloro gas se produce una reacción entre el gas y el hidróxido, obteniéndose humo blanco).

Aproximadamente, después de media hora de haber empezado a dosificar el cloro, se verifica el registro de cloro residual en la salida del tanque a distribución, en la estación de operación y proceder o no a los correctivos en la dosis.

5.4.3. Actividades periódicas de mantenimiento en el Sistema Tratamiento y Potabilización

Tabla N° 5.

Actividades de Mantenimiento periódico del Laboratorio

Unidad:	**LABORATORIO**
Responsables:	Operador de la planta
Herramientas:	Instrumentos de laboratorio. Sulfato de aluminio. Libros y formatos de registro. Bitácora.
Frecuencia:	Diaria
ACTIVIDADES Determinación de dosis óptima, sin exceder 0.2 mg/l.	
Frecuencia:	Quincenal
ACTIVIDADES Efectuar semanalmente la limpieza de los equipos de laboratorio.	
Frecuencia:	Mensual
ACTIVIDADES Calibración de los equipos. Mantenimiento periódico de los equipos usados con frecuencia. Chequeo de inventario de materiales necesarios.	

Fuente: (Elaboración Propia, 2021)

Tabla N° 6.

Actividades de Mantenimiento periódico del Canal Pharsall

Unidad:	**CANAL PARSHALL**
Responsables:	Operador de la planta Fontanero
Herramientas:	Herramienta menor (Palustres, cepillos metálicos.) Accesorios (codos, válvulas, uniones) Libros y formatos de registro. Bitácora.
Frecuencia:	Diaria
ACTIVIDADES • *Aplicación de la dosis óptima de coagulante.*	
Frecuencia:	Quincenal
ACTIVIDADES • *Limpieza de estructuras*	
Frecuencia:	Mensual
ACTIVIDADES • *Chequeo de inventarios y materiales requeridos.*	

Fuente: (Elaboración Propia, 2021)

Tabla N° 7.

Actividades de Mantenimiento periódico del floculador

Unidad:	**FLOCULADOR**
Responsables:	Operador de la planta Fontanero
Herramientas:	Herramienta menor (Palas, palustres, cepillos metálicos, etc.) Accesorios (codos, válvulas, uniones) Libros y formatos de registro. Bitácora.
Frecuencia:	Diaria
ACTIVIDADES • *Revisión del estado e integridad física de la estructura.* • *Chequeo del funcionamiento en base al caudal.*	
Frecuencia:	Quincenal
ACTIVIDADES • *Limpieza de la estructura.*	
Frecuencia:	Mensual
ACTIVIDADES • *Chequeo de válvulas y compuertas.*	

Fuente: (Elaboración Propia, 2021)

Tabla N° 8.

Actividades de Mantenimiento periódico de los sedimentadores

Unidad:	**SEDIMENTADORES**
Responsables:	Operador de la planta Fontanero
Herramientas:	Herramienta menor (Palas, palustres, cepillos metálicos, etc.) Libros y formatos de registro. Bitácora.
Frecuencia:	Diaria
ACTIVIDADES • *Inspección visual y movimiento de las válvulas* • *Recorrido y revisión para detección de fugas y daños.*	
Frecuencia:	Quincenal
ACTIVIDADES • *Revisión del estado físico y del funcionamiento (caudal, volumen de agua, rebose, fugas, etc.).*	
Frecuencia:	Mensual
ACTIVIDADES	

• *Limpieza de la estructura. (interna y externa)* • *Pintura y lubricación de los accesorios.*

Fuente: (Elaboración Propia, 2021)

Tabla N° 9.
Actividades de Mantenimiento periódico de filtros

Unidad:	**FILTROS**
Responsables:	Operador de la planta Fontanero
Herramientas:	Herramienta menor (Palas, palustres, cepillos metálicos, etc.) Libros y formatos de registro. Bitácora.
Frecuencia:	Diaria
ACTIVIDADES • *Inspección visual y movimiento de las válvulas* • *Recorrido y revisión para detección de fugas y daños.*	
Frecuencia:	Quincenal
ACTIVIDADES • *Revisión del estado físico y del funcionamiento (caudal, volumen de agua, rebose, fugas, etc.).* • *Limpieza de la estructura. (interna y externa)*	
Frecuencia:	Mensual
ACTIVIDADES • *Pintura y lubricación de los accesorios.*	

Fuente: (Elaboración Propia, 2021)

5.5. Almacenamiento y Distribución

5.5.1. Tanques de almacenamiento

Los tanques de reserva serán atendidos diariamente por el guardián operador de turno y, por lo menos durante una vez al día sean controlados por una persona encargada, debiendo tomar en cuenta los siguientes aspectos:

Las actividades rutinarias previstas para la operación de los tanques de reserva consisten en:

- Vigilancia del nivel de agua en los tanques (tiempo).
- Registro del número de vueltas de las válvulas de alimentación y distribución. Estos registros serán guardados en carpetas que servirán para interpretación con fines estadísticos y resolución de índices operacionales.

- Mantener siempre cerrada la tapa sanitaria de la boca de visita.
- Cuando se observen grietas o fugas en la estructura del reservorio, se procederá de inmediato a ordenar su reparación.

Después de alguna reparación, o de haber efectuado alguna limpieza en el reservorio, o de sospechar que existe alguna contaminación en el interior del reservorio, se procederá a la desinfección de la siguiente manera:

- Proceder a lavar completamente el fondo y paredes para eliminar suciedades y desperdicios, a fin de mejorar la desinfección posterior.
- Realizar la desinfección utilizando cualquiera de los dos procedimientos que se indican a continuación:
    - El primero consiste en aplicar directamente a las superficies internas de la estructura una solución concentrada de cloro, que se prepara disolviendo 15 gramos de cloro en 50 litros de agua. La aplicación se realizará con una brocha, y la superficie desinfectada permanecerá en contacto con la solución concentrada durante 30 minutos por lo menos antes de llenar de agua el depósito.
    - El segundo método consiste en aplicar directamente al tanque lleno de agua, hipoclorito de calcio en una concentración de 50 ppm., y mantener durante un tiempo de 12 horas antes de desaguar y reemplazar por agua potable.

Inspección preliminar

- Abastecimiento suficiente de cloro
- Conocimiento del caudal tratado
- Materiales para la recolección de muestras
- Medidores de volumen de salida de agua a la red de distribución
- Verificar el estado y funcionamiento de los tanques de almacenamiento.

Operación diaria

- Los tanques de mantenimiento cuando se lo realiza en un periodo diario por el operador de turno se deben ejecutar lo siguiente:
- Inspección general de cada tanque para determinar que no exista ninguna circunstancia anormal.
- Comprobar que el indicador registrador de nivel de agua funcione adecuadamente caso contrario informar a las autoridades pertinentes, jefe de planta.

Operación semestral

- Desinfectar el tanque utilizando hipoclorito de calcio antes de ponerlo a funcionar nuevamente. La solución debe proporcionar una concentración de 50 a 100 mg/l de cloro libre.
- El operador de turno junto con jornaleros en este caso los que sean necesarios para cada uno de los tanques, un jornalero por tanque deberá:
- Vaciar el tanque para limpiar las paredes y el fondo con escobillas o cepillos.
- Revisiones de posibles fugas u otros problemas en la obra civil, en el caso de encontrarse deteriorada dar aviso emergente al grupo de reparación. Para ellos se utilizarán herramientas de limpieza y albañilería.

Operación anual

- Se deberá realizar el mantenimiento de 6 meses.
- Revisión de la válvula de entrada y salida, se revisará las uniones de las válvulas y accesorios para que no presenten goteos o fugas. Utilizar pintura corrosiva para pintar las válvulas.
- Limpieza de la cámara de válvulas, extraer los desechos existentes y eliminar cualquier crecimiento vegetal.
- Cerrar la válvula de compuerta de entrada al tanque de distribución y válvula de ingreso al hipo clorador.
- Tener en cuenta lo siguiente; en un recipiente de 5 galones de agua, arrojar 1 onza de hipoclorito de calcio (50 mg por litro) y combinarlo.
- Echar al tanque de almacenamiento solamente el líquido o echar un galón de cloro liquido (hipoclorito de sodio).
- Dejar que se colme la tubería con la solución de cloro y que esta permanezca al tope durante 4 horas.
- Vaciar el conducto con la solución de cloro mediante las válvulas de limpieza y dejar circular el agua hasta que ya no exista olor a cloro.
- Una vez que ya no se sienta el olor a cloro obstruir lentamente las válvulas de limpieza.
- Finalmente abrir la válvula de la compuerta de ingreso al tanque de distribución y la válvula de ingreso al hipo clorador.

Operación cada tres años

- Se deberá realizar el mantenimiento de 1 año
- Arreglo y limpieza general del área donde está el tanque, se arreglará caminos, bordillos, parterres, cerramientos, entre otros presentes.
- Pintura exterior del tanque de cámaras de válvulas y de cerramiento.

Para esto se deberá utilizar herramientas de limpieza y albañilería, hipoclorito de calcio, pintura anticorrosiva, empaquetaduras de válvulas, prensa estopas, y otros repuestos de

válvulas, pinturas de látex color azul o blanco, y más elementos como pinceles, brochas, etc. Que sirven para la preparación de las superficies a pintarse.

5.5.2. Línea de distribución

Es una tubería que transporta el agua de la planta de tratamiento hasta el tanque de distribución.

Operación puesta en ejecución

Previo a poner en marcha la línea de conducción, deberá realizarse una desinfección en la tubería. La desinfección se hará solamente cuando se pone en operación por primera vez, para aguas subterráneas y superficiales.

- Abrir la válvula de limpieza más próxima para vaciar los sedimentos existentes y el aire acumulado.
- Si fuese necesario manipular las válvulas de aire.
- Tener en cuenta que cuando el agua salga clara y ya no salga aire, se deberá llenar la tubería, cerrando lentamente la válvula de limpieza.

Mantenimiento

Se deberá recorrer toda la línea de la tubería para revisar si hay fugas de agua, deslizamientos o hundimientos de la tierra de su alrededor que pueden afectar, en el caso de encontrar humedad se deberá excavar cuidadosamente para detectar si es o no una fuga.

- En el caso de que la tubería sea PVC, no olvidarse de cubrir toda la tubería ya que esta no debe estar al aire libre, de igual manera se verificara el estado de estructuras tales como cajas de válvulas de aire y limpieza pasos aéreos o colgantes y pasos de zanjón.
- Realizar una limpieza en el área donde está la tubería quitando la maleza existente, ramas, hojas, etc. Con el fin de facilitar la inspección.
- Cualquier problema, repararlo inmediatamente, en el caso de que el problema sea de reparación mayor informar al comité para que se tomen las medidas correctivas necesarias.

Operación y localización de válvulas

La operación física de la válvula deberá ser discutida periódicamente por los jefes del comité y subalternos, para que todos estén bien entrenados en caso de reparaciones urgentes o cualquier emergencia.

En todo caso se debe indicarse la obligación de realizar por lo menos una inspección anual a cada válvula, cada una de estas deben contar con una tarjeta de ubicación y de control de mantenimiento. Para la inspección anual de válvulas se realizará el siguiente trabajo:

- Abrir y cerrar totalmente toda la válvula varias veces a fin de eliminar los depósitos acumulados en el asiento de la compuerta.
- En aquellas válvulas que presentan fugas por la contratuerca superior, será necesario realizar una revisión para determinar si la fuga se debe a que se a aflojado la contratuerca, si es así se ajustara, o si es debido a que el empaque prensa estopa está gastado, en cuyo caso será reemplazado.
- En caso de encontrarse una válvula deteriorada se procederá a su cambio.
- Se tendrá cuidado luego de la inspección de dejar totalmente abierta la válvula.

Debemos percatarnos que el uso excesivo de fuerza para abrir o cerrar y si se cierra o se abre para izquierda o derecha.

Toda válvula debe mostrar el número de vueltas para abrir o cerrar y si se cierra o abre para izquierda o derecha.

Operación de válvulas

El extenso y eficiente servicio de válvulas depende de principales depende del material apropiado para el servicio deseado, del tipo de válvula y de la correcta instalación. El inspeccionar periódicamente reduce considerablemente el costo de mantenimiento.

5.5.2.1. Obras en la línea de conducción

Cajas distribuidoras de caudales

Estas se colocan en la línea de conducción para distribuir el agua de acuerdo al tamaño del sector, la distribución se hace a través de vertederos rectangulares.

Operación puesta en marcha

Primero se deberá hacer una limpieza y desinfección de la caja antes de poner en marcha la operación. Para eso se deberá:

- Colocar los adaptadores del drenaje en el codo de del drenaje de las cajas
- Abrir la válvula de la compuerta lentamente.

Mantenimiento

Mensual

Se deberá revisar las cajas y válvulas para saber que este en buen estado, girar ¼ la válvula y no olvidarse de poner aceite para que no se atasque.

- Revisar la caja distribuidora para verificar si hay grietas, filtraciones o cualquier otra cosa que interfiera con el proceso.
- No olvidarse reconstruir o reparar en el caso que existan filtraciones en el lugar.
- Pintar con pintura anticorrosiva todas las partes de metal.
- Estar al pendiente de las tuberías para que no existan fugas y si es así se debe reparar inmediatamente.

Trimestral

Lavar el interior de las cajas, para esto se necesita:

- Cerrar la válvula de entrada y quitar las tapaderas.
- Abrir la válvula de drenaje o retirar los adaptadores de rebalse de la caja.
- Remover la tierra que se encuentra en el fondo.
- Limpiar las paredes, piso y pichacha con un cepillo y agua, aquí no se debe utilizar jabón ni otro detergente, al momento de hacer la limpieza utilizar botas de hule limpias al instante de meterse en el tanque.
- Dejar correr el agua por 5min y después cerrar la válvula de drenaje o colocar los adaptadores de rebalse.
- Finalmente abrir la válvula de entrada lentamente.

Semestral

Desinfectar con cloro las cajas filtrantes y de almacenamiento o en el caso de realizar una reparación, para que funcione adecuadamente se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Cerrar válvula de entrada y abrir la válvula de drenaje o quitar niple de rebalse de cada caja, luego vaciar las cajas distribuidoras hasta la altura de las pichachas, y cerrar la válvula de drenaje de cada caja o colocar los niples (adaptadores) de rebalse.
- Echar una bolsa de cloro en cada caja distribuidora y dejar que se llene la caja y dejarla correr por el rebalse durante una hora, luego colocar tapaderas.
- Finalmente abrir la válvula de entrada.

5.5.2.2. Válvulas de compuerta para la limpieza

Las válvulas de compuerta para la limpieza sirven para sacar sedimentos y lodos que se acumulan en las partes más bajas de la línea de conducción

Operación

Abrir la válvula de compuerta para que salga los sedimentos acumulados, tener en cuenta que cuando el agua empiece a salir clara cerrar la válvula lentamente.

Mantenimiento

Trimestral

- Hacer una revisión de la caja,
- Revisar las tuberías; si existen fugas se deberá reparar inmediatamente.
- Abrir completamente la válvula para dejar salir lodos, sedimentos, después de 2 minutos cerrar completamente la válvula.

5.5.2.3. Válvulas de compuerta de compuerta de control

Sirven para el control de la distribución del agua a distritos ramales o para suspender el servicio si hay desperfectos en la tubería.

Mantenimiento

Trimestral

- Verificar si hay grietas en los muros o tapaderas.
- Revisar los candados de las tapaderas cada vez que esto se realice se deberá echar aceite en los candados para lubricarlos.
- Revisar la tubería que no existan fugas, en el caso de que exista alguna fuga se deberá reparar inmediatamente.
- Asegurarse de girar las válvulas para que no se endurezcan; girar ¼ hacia la izquierda y derecha de igual manera aplicar aceite para lubricar.

5.6. Grupo de reparación

El personal recomendado en base a las necesidades de la planta de tratamiento es el siguiente:

- 1 jefe de planta. Perfil Ingeniero Civil Hidráulico.
- 1 carpintero.
- 2 plomeros (o el número que sea necesario en base a la implementación del sistema de gestión de mantenimiento)
- 4 jornaleros (o el número que sea necesario en base a la implementación del sistema de gestión de mantenimiento)
- 1 albañil

El grupo de reparación deberá tener facilidad de movilización para su trabajo, entre ellas están las siguientes:

- Una furgoneta o camioneta de doble trasmisión
- Una caja completa de herramientas de mecánica
- Herramientas varias de carpintería
- Equipo de soldadura autógena
- Herramientas varias de gasfitería
- Herramientas varias de albañilería

- Repuestos y accesorios para motores eléctricos, medidores registradores, válvulas de compuerta, compuertas, etc.
- Equipo de radio que permita una rápida comunicación con las oficinas centrales, la planta de tratamiento, y con otros lugares que sean del caso

Las instrucciones de detalle para la realización de la reparación se harán de acuerdo a cada instrucción dada por el fabricante del equipo mecánico, electromecánico o electrónico.

Se utilizará un modelo de formulario que puede ser empleado para informar acerca de las actividades de mantenimiento correctivo.

6. Recomendaciones de Seguridad

Para una seguridad en el trabajo y el trabajador es esencial que todo el personal asignado a las labores de operación y mantenimiento del sistema de agua potable, las ejecute con cuidado, meditación y con prudencia. Todo el personal debe promover seguridad manteniéndose alerta sobre los riesgos posibles y comunicando con urgencia sobre ellos, de tal forma que las personas involucradas tengan conocimiento de los mismos. Un programa de educación sobre seguridad que sea continuo y bien planificado es una gran ayuda para mantener un récord libre de accidentes, por lo tanto, se apreciará lo siguiente:

6.1. Medidas generales de seguridad

- Todos y cada uno de los trabajadores deben ser preparados completamente para la operación y mantenimiento de las unidades y equipos antes de asumir responsabilidades relacionadas a casa uno de los procesos del sistema de agua potable.
- Los operadores deben tener conocimientos en primeros auxilios.
- Los operadores deben estar realmente capacitados para llevar a cabo las tareas que se les ha asignado.
- Los números telefónicos de los supervisores, médicos, policía, departamento de bomberos y de todas las personas a quienes se debe acudir en caso de emergencia deben encontrarse en sitios visibles de todas las áreas de operación, dichos números deben también estar en posesión de todos los empleados.
- Debe exhibirse símbolos de alerta y vallas de seguridad en los sitios de riesgos especial.

6.2. Asistencia médica y de primeros auxilios

- Los trabajadores podrán acudir permanentemente, las 24 horas del día y 7 días de la semana, al personal médico y paramédico, dispuesto a atender los casos de problemas de salud debidos a sucesos en el trabajo.

- Desde otro punto de vista, todo el personal de la Unidad deberá asistir obligatoriamente a talleres, charlas y seminarios anuales en los que se examinen las normas de seguridad y se comparta instrucciones sobre primeros auxilios.
- El personal, deberá recibir un entrenamiento especial referente a primeros auxilios para enfrentar situaciones de emergencia.
- En el departamento de operación y mantenimiento deberá existir un botiquín de primeros auxilios, bajo la responsabilidad del operador de turno, y que contenga como mínimo lo siguientes:
    - 24 vendajes adhesivos (curitas)
    - 1 frasco mediano de ungüento o pomada para quemaduras
    - 1 frasco mediano de sales de amoníaco para inhalar
    - 1 frasco mediano de agua oxigenada de 20 volúmenes
    - 1 frasco mediano de desinfectante tipo suero fisiológico
    - 1 frasco mediano de alcohol 70°
    - 2 vendas para torniquete
    - 1 venda de 5 cm de ancho
    - 1 venda de 10 cm de ancho
    - 1 tijera mediana
    - 1 caja mediana con copos de algodón estéril absorbente

6.3. Protección personal

Todo el personal de operación y mantenimiento deberá ser provisto del equipo necesario para su protección en las diversas actividades que les corresponda desarrollar. Deberán ser, además motivados y supervisados para que efectivamente utilicen en forma sistemáticamente el equipo de que se les provee.

Los artículos básicos son los siguientes:

Equipos de protección ocular y/o facial

- Gafas especiales, resguarda los ojos y gran parte de la cara, o pantalla de protección. Se utilizarán en trabajos donde la cara o los ojos de los trabajadores puedan ser impactados por fragmentos erráticos de material.

Protección de las manos

- Guantes de neopreno, de cuero, guantes de nitrilo o de algún otro material textil resistente a la manipulación de sustancias químicas, y, en general, para labores en que las manos estén expuestas a fricciones, golpes, cortaduras, y en el laboratorio.

Protección de la cabeza

- Cascos de metal, fibra de vidrio o base plástica, apropiadas, suspendidas con una estructura de correas ajustables. Se emplearán en todas aquellas actividades en que la persona está expuesta a golpes por limitación de espacio o a que le caiga sobre la cabeza alguna clase de materiales o herramientas.

Protección del sistema respiratorio

- Máscaras contra polvo, antigases, humo, vapores, aerosoles, agentes biológicos, etc. Las máscaras contra polvo se utilizarán en ambientes llenos de partículas, por ejemplo, en excavaciones en terrenos áridos finos y el área de tolvas cuando se esté trabajando con cal o cemento con presencia de corriente de aire. Los gases tóxicos se presentan cuando se usan pegas para plástico y caucho. La mejor solución para casos de protección del sistema respiratorio consiste en ventilar adecuadamente los locales o sitios y evitar que los procesos desprendan polvos o gases.

6.4. Manejo de herramientas

Para una buena utilización de herramientas deben regirse en lo siguiente:

- Evitar que los trabajadores lleven herramientas de tal manera que no puedan utilizar libremente ambas manos al subir por escaleras o caminar por sitios peligrosos. En estos casos deberán llevar las herramientas en sacos u otros recipientes apropiados.
- Los trabajadores no podrán llevar ningún instrumento afilado o puntiagudo, como cinceles, puntas, destornilladores, etc. En estos casos deberán transportarse en un estuche o caja de herramientas, o en una carretilla u otro vehículo, o en un cinturón porta herramientas adecuado. Si se transportan en la mano se deberá colocar con las puntas o filo alejados del cuerpo.
- Las herramientas que se han dejado de usar momentáneamente nunca deben dejarse en andamios, pavimento, en tuberías colocadas a un nivel superior, o en otros sitios inseguros, ya que podrían caer y lastimar a alguien.
- Las cajas o estuches en que se guardan las herramientas no deben llenar hasta el punto de tener que emplear la fuerza para sacar dichas herramientas.
- Siempre se debe seleccionar la herramienta apropiada, para cada trabajo y no utilizar un sustitutivo inadecuado.
- Es preciso asegurarse de que existe suficiente espacio en el sitio de trabajo para evitar dañar accidentalmente el equipo o recibir heridas si es que una herramienta cae.
- Al manipular las herramientas es necesario asegurarse de estar fijamente parado, para evitar resbalones o caídas.
- Al usar herramientas debe evitarse tener anillos en los dedos.
- Posteriormente del uso de las herramientas es preciso limpiarlas y adaptarlas en un lugar adecuado, en donde no sea un peligro.

ÍNDICE DE TABLAS DEL MANUAL

Tabla N° 1. Actividades de mantenimiento periódico de la unidad de Alimentación.79
Tabla N° 2. Actividades de Mantenimiento periódico de la unidad de Captación 79
Tabla N° 3. Actividades de Mantenimiento periódico de la unidad de Desarenado 81
Tabla N° 4. Actividades de Mantenimiento periódico de la línea de conducción. 82
Tabla N° 5. Actividades de Mantenimiento periódico del Laboratorio 93
Tabla N° 6. Actividades de Mantenimiento periódico del Canal Pharsall 93
Tabla N° 7. Actividades de Mantenimiento periódico del floculador 94
Tabla N° 8. Actividades de Mantenimiento periódico de los sedimentadores 94
Tabla N° 9. Actividades de Mantenimiento periódico de filtros 95