



Universidad Nacional Costa Rica

Sede Regional Chorotega

Campus Liberia

PROYECTO:

**“Evaluación operativa de dos ASADAS de la Región Chorotega, Costa Rica
para la elaboración de un manual de operación y mantenimiento que mejore su
gestión”**

*Para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería Hidrológica*

Sustentado por:

Ingrid Fiorella Gutiérrez Matarrita

5 0415 0551

Equipo supervisor:

Ing. Paola Jiménez Jara

Ing. Rolando Madriz Vargas

Lic. Sebastián Martínez Arias

Liberia, Guanacaste

Febrero, 2022.

Acta de tribunal

Integrantes del Tribunal Evaluador

Dr. Rolando Madriz Vargas

Tutor

Dr. Pavel Bautista Solís

Lector

M.Sc. William Gómez Solís

Lector

M.Sc. Dorian Chavarría López

Representante de Decanatura

M.Ed. Wagner Castro Castillo

Representante de Dirección Académica

Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios, por cada bendición y permitirme lograr mis metas y objetivos, a mi familia, amigos, profesores y cada una de las personas que estuvieron a mi lado apoyándome en este proceso y que me brindaron una mano amiga o una palabra de aliento para seguir luchando.

Ingrid Fiorella Gutiérrez Matarrita

Dedicatoria

Dedico esto primeramente a Dios, que sin el nada hubiese sido posible, a mi madre y mis abuelos quienes han sido el pilar fundamental de mi vida, quienes me han apoyado durante todos estos largos años, a mis hermanas quienes son parte importante de mi vida y a todas aquellas personas que de una u otra manera me ayudaron y apoyaron durante esta etapa.

Ingrid Fiorella Gutiérrez Matarrita

Resumen ejecutivo en español

El agua es un elemento de la naturaleza de gran importancia, ya que integra los ecosistemas naturales y proporciona bienestar a los seres vivos. Dada su importancia han surgido entidades como asociaciones comunales, municipios, comités, entre otros encargados de este recurso en zonas rurales, bajo la tutela del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado (en adelante AyA), el cual es la entidad pública que regula la distribución y manejo del agua potable. Las Asociaciones administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales (en adelante ASADAS) han tomado gran relevancia en su participación, sin embargo, muchas de estas presentan problemas como: poco monitoreo y control de la calidad del agua, infraestructura deficiente, falta de acompañamiento técnico y apoyo financiero por parte del AyA. Por lo tanto, el objetivo principal de este proyecto es realizar una evaluación operativa de dos ASADAS de la Región Chorotega, con el fin de elaborar un manual de operación y mantenimiento para mejorar su gestión del recurso hídrico, ya que la implementación de estrategias y actividades de planificación son propuestas viables para la erradicación de problemáticas como las mencionadas anteriormente.

Este proyecto presenta una metodología de mixta, es decir integra tanto datos cualitativos como cuantitativos, mediante la aplicación de 4 fases de suma importancia en el desarrollo del proyecto. Cabe recalcar, que se logró desarrollar una guía estratégica de referencia como insumo para la realización del manual de operación y mantenimiento de cada ASADA, además de evaluar áreas de mejoras en base a las necesidades que presentaban. Los manuales elaborados permitirán a las personas encargadas de las ASADAS tomar decisiones y ejecutar tareas en sus acueductos comunales mediante la planificación, organización y gestión de las actividades que se llevan a cabo, además cabe recalcar que la guía que se realizó es un estudio base para futuros proyectos.

Resumen ejecutivo en inglés

Water is a nature element of great importance, it integrates natural ecosystems and provide well-being to living beings. Because of the great importance, entities have emerged. Community associations, municipalities, committees and others, in charge of this resource in rural areas, under the tutelage of the Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (in ahead AyA), this is the public institution that manage the distribution of the drinking water. The Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales (in ahead ASADAS), have taken a great relevance in their participation, however, many of these ASADAS have presented problems such as: lack monitoring in the control of water quality, poor infrastructure, missing of technical and financial support from AyA. Therefore, the main objective of this project is to carry out an operational evaluation of two ASADAS of the Chorotega Region, in order to elaborate an operation and maintenance manual to improve their management of water resource. The implementation of strategies and activities are viable proposals for the eradication of problems such as those already mentioned before.

This project presents a mixed methodology, that integrates both qualitative and quantitative data, through the application of 4 phases of great importance in the development of the project. It should be noted that it was possible to developed a guide as an input for the preparation of the operation and maintenance manual for each ASADA, in addition, evaluating the areas showed up their weaknesses so, based on that improve all them. The manual will allow the people in charge of the ASADAS to make decisions and execute tasks in their communal aqueducts, it should also be emphasized that the manual that was carried out, it is a base of study for future projects.

Glosario y abreviaturas

Acueducto: Sistema por el cual se transporta agua, para abastecer a una población.

Aforo: Determinar la cantidad de agua que atraviesa una sección transversal de un cuerpo de agua en un instante de tiempo dado.

Agua potable: Agua tratada, la cual cumple con las disposiciones de los valores recomendados o máximos admisibles establecidos por el Reglamento para la Calidad de Agua Potable vigente en Costa Rica.

ASADA: Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales.

Almacenamiento: Depósito de agua en un sistema de acueducto cuya función es almacenar agua en horas de bajo consumo y descargar en horas de alto consumo, compensando las variaciones de consumo a lo largo del día. También acumula agua para situaciones de incendio y emergencias.

AyA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

°C: Grados Celsius.

CAARS: Comités de Acueductos y Alcantarillados Rurales.

Caudal: Cantidad de agua que lleva una corriente o que fluye de un manantial o fuente.

EsIA: Estudios de Impacto Ambiental.

ha: Hectáreas.

l/s: Litros entre segundos.

m³: Metros cúbicos.

mca: Metro de columna de agua.

mm: Milímetros.

ORAC: Oficinas Regionales de Acueductos Comunales.

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de las ASADAS administradas por la ORAC.....	9
Figura 2. Mapa de ubicación geográfica de los casos de estudios.....	10
Figura 3. Esquema de la viabilidad del proyecto.....	24
Figura 4. Macrolocalización de la zona de estudio.....	28
Figura 5. Microlocalización de la zona de estudio.....	29
Figura 6. Diagrama de los beneficiarios directos y actores estratégicos del proyecto.....	33
Figura 7. Distribución del diseño metodológico del proyecto.....	41
Figura 8. Fases del desarrollo metodológico.....	42
Figura 9. Distribución del sistema de la ASADA de Tronadora de Tilarán.....	52
Figura 10. Distribución del sistema de abastecimiento de la ASADA de Guayabal de Santa Cruz.....	53
Figura 11. Fotografías del sistema de abastecimiento de la ASADA de Guayabal de Tilarán.....	54
Figura 12. Fotografías del sistema de abastecimiento de la ASADA de Guayabal de Santa Cruz.....	55
Figura 13. Mapeo de la zona de estudio de la ASADA de Tronadora de Tilarán.....	62
Figura 14. Mapeo de la zona de estudio de la ASADA de Guayabal de Santa Cruz.....	63

Índice de gráficos

Gráfico 1. Importancia del desarrollo del proyecto según los beneficiarios directos.....	34
Gráfico 2. Importancia del desarrollo del proyecto según los actores estratégicos.....	35

Índice de cuadros

Cuadro 1. Valores permisibles de cloro residual según el pH y tiempo de contacto.....	19
Cuadro 2. Medición y equipo necesario para el desarrollo del proyecto.....	25
Cuadro 3. Costos de los equipos utilizados en el desarrollo del proyecto.....	26
Cuadro 4. Insumos generales del proyecto.....	26
Cuadro 5. Costos de los insumos generales del proyecto.....	27
Cuadro 6. Marco legal en Costa Rica referente al desarrollo del proyecto.....	31
Cuadro 7. Presupuesto global del proyecto.....	37
Cuadro 8. Cronograma de actividades.....	47
Cuadro 9. Documentos utilizados para llevar a cabo el desarrollo del proyecto.....	51
Cuadro 10. Caudales de las nacientes de la ASADA de Tronadora de Tilarán.....	57
Cuadro 11. Características del pozo de la ASADA de Guayabal de Santa Cruz.....	57
Cuadro 12. Medición de cloro residual en las ASADAS.....	58
Cuadro 13. Presiones en las redes de las ASADAS.....	59
Cuadro 14. Capacidad de los tanques de almacenamiento de las ASADAS.....	60
Cuadro 15. Coordenadas geográficas de la ASADA de Tronadora de Tilarán.....	61
Cuadro 16. Coordenadas geográficas de la ASADA de Guayabal de Santa Cruz.....	61

Índice de contenido

Acta de tribunal	ii
Agradecimiento	iii
Dedicatoria.....	iv
Resumen ejecutivo en español.....	v
Resumen ejecutivo en inglés	vi
Glosario y abreviaturas	vii
Índice de figuras	viii
Índice de gráficos.....	viii

Índice de cuadros	ix
Índice de contenido.....	ix
Capítulo 1. Introducción	2
1.1 Introducción	2
1.2 Problema	4
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5 Alcance y limitaciones	6
Capítulo 2. Contexto.....	8
2.1 Área de estudio	9
2.1.1 Clima de la Región Chorotega	10
2.2 ASADA Guayabal de Santa Cruz.....	11
2.2.1 Recurso hídrico	11
2.2.2 Actividades principales	11
2.3 ASADA de Tronadora de Tilarán.....	12
2.3.1 Recurso hídrico	12
2.3.2 Actividades principales	12
Capítulo 3. Marco Teórico.....	13
3.1 Definición de conceptos.....	14
3.1.1 ASADA	14
3.1.2 Guía estratégica	15
3.1.3 Evaluación operativa	15
3.1.4 Manual.....	15
3.1.5 Actividad	15
3.1.6 Manual de procedimientos	16
3.1.7 Manual de mantenimiento.....	16
3.2 Parámetros	17

3.2.1 Aforo	17
3.2.2 Cloro Residual.....	18
3.2.3 Georreferenciación.....	19
3.2.4 Presión en las tuberías.....	19
3.2.5 Medición de volúmenes de tanques	20
3.3 Software	20
3.3.1 Qgis	20
3.3.2 Excel.....	20
Capítulo 4. Estudios de prefactibilidad.....	22
4.1 Estudio técnico.....	24
4.1.1 Procesos de producción.....	24
4.1.2 Tecnología y procesos.....	27
4.1.3 Localización y tamaño	27
4.2 Estudio Legal	30
4.3 Estudio Ambiental	32
4.4 Estudio Social	32
4.5 Estudio Financiero-Económico.....	35
Capítulo 5. Metodología.....	39
5.1 Descripción de metodología	40
5.1.1 Estrategia de muestreo	41
5.1.2 Fases de la metodología	41
5.2 Cronograma	45
Capítulo 6. Resultados y análisis de datos obtenidos	47
6.1 Resultados cualitativos	49
6.1.1 Reuniones virtuales	49
6.1.2 Aplicación de encuestas	49
6.1.3 Revisión bibliográfica	50
6.1.4 Visitas de campo	51
6.2 Resultados cuantitativos	55
6.2.1 Encuesta a los actores claves.....	55

6.2.3 Visitas de campo	56
6.3 Resultados del caso de estudio.....	63
6.4 Discusión de principales hallazgos	64
6.5 Discusión sobre objetivos planteados	66
6.5.1 Objetivos específicos:	66
6.5.2 Objetivo General:	66
6.6 Discusión sobre el diseño experimental propuesto.....	67
6.7 Conclusión	68
Capítulo 7. Conclusiones.....	48
7.1. Conclusiones generales.....	70
7.2 Aplicación de la guía	70
7.3 Hallazgos	71
Capítulo 8. Recomendaciones	75
8.1 Recomendaciones generales	74
8.2. Aplicación de la guía estratégica	74
8.3 Hallazgos	75
Referencias bibliográficas	76
Anexos.....	75

Capítulo 1. Introducción

En el presente capítulo se desarrollará la introducción, el problema, justificación, objetivos, alcances y limitaciones de la investigación, los cuales ayudan en la comprensión de la importancia del desarrollo de esta.

1.1 Introducción

El acceso al agua potable es de suma importancia para la salud de las personas y el desarrollo de las regiones del país. En Costa Rica el acceso al agua ha ido aumentando año tras año gracias a los esfuerzos por llevar agua para el consumo humano a todos los rincones del país (Molina, 2011).

En el caso de Costa Rica, el AyA es el ente encargado de brindar el servicio público de agua potable, teniendo la facultad de delegar este servicio a organizaciones comunales, municipalidades, asociaciones, entre otros. De esta forma, las ASADAS son las organizaciones autorizadas por ley como medio de organización comunal para la prestación del servicio público de agua potable a las comunidades (Cerdas, 2011, p.3).

La creación de las ASADAS fue un paso indispensable para el mejoramiento de la calidad del servicio de agua que reciben los ciudadanos de las zonas más alejadas de los centros urbanos, ya que convirtió a los antiguos comités comunales que brindaban dicho servicio en entes más calificados al dotarles de instrumentos legales, administrativos, además de asesoría técnica (Molina, 2011, p.7).

En Guanacaste, existen alrededor de 317 ASADAS, además de Comités de Acueductos y Alcantarillados Rurales (CAARS) y asociaciones de usuarios. Del total de ASADAS, únicamente 186 poseen convenio de delegación con el AyA, 175 tienen menos de 200 abonados, 60 no cuentan con micromedición y un número mayor no determinado no trabaja con macromedición (Suárez *et al.*, 2019. p.28). Cabe señalar que, los convenios son un acuerdo jurídico bilateral entre el AyA y las Asociaciones Administradoras mediante el cual primero delega (transfiere competencias) al segundo para la administración, operación, mantenimiento y desarrollo de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunes (Guevara, s.f).

Si bien, la figura de las ASADAS es adecuada para la organización y participación comunitaria en la prestación del servicio público de agua potable, el marco jurídico que

regula la prestación de este servicio presenta problemas que afectan la labor realizada por estas asociaciones, problemas que, en muchos casos, se derivan de una falta de planificación y gestión hídrica (Cerdas, 2011; citado por Viquez, 2018. p.7).

Camacho (2016); citado Viquez, (2018, p.7), indica que, al no existir un proyecto adecuado de planificación y gestión del recurso hídrico en su conjunto y la forma de sostenibilidad de este, se está presentando una crisis generalizada del agua. Ese se caracteriza por un mayor consumo del líquido en relación con lo poco que se puede captar en los pozos. Por ejemplo, el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA) ha advertido sobre este faltante de agua, principalmente cuando se pretende desarrollar proyectos urbanísticos.

La planificación dentro del recurso hídrico no solo interviene en los lineamientos técnicos de distribución y programación del recurso, sino que posee una visión más compleja, en la que intervienen iniciativas de ordenamiento territorial, protección de los recursos naturales, recursos financieros y organizativos para su gestión (Castro & Ulate, 2014, p.95).

Este estudio busca contribuir en el mejoramiento de las condiciones de abastecimiento de agua potable, para lo cual se llevará a cabo un análisis de las condiciones mediante las cuales operan los acueductos de las ASADAS de Tronadora de Tilarán y Guayabal de Santa Cruz, utilizando información base para elaborar una guía estratégica y posteriormente un manual de operación y mantenimiento de cada ASADA.

Por lo tanto, el objetivo general es realizar una evaluación operativa de las dos ASADAS mencionadas anteriormente, elaborando un manual de operación y mantenimiento que mejore su gestión, este se llevará a cabo mediante recopilación de información sobre buenas prácticas en operación y mantenimiento de acueductos comunales. Además, se identificarán los parámetros e indicadores más relevantes para su optimización, con el fin de diseñar una guía estratégica de referencia (en adelante guía estratégica) para el manual de operación y mantenimiento. Mediante la aplicación de la guía estratégica en las dos ASADAS, se podrá realizar una validación y ajustes necesarios de la misma.

1.2 Problema

A pesar de abastecer a casi una cuarta parte de la población nacional los entes operadores (ASADAS) enfrentan muchos problemas que comprometen la sustentabilidad de sus sistemas y por lo tanto del servicio que brindan. Por ejemplo, tienen poco monitoreo y control de calidad del agua, su infraestructura es limitada, en muchos casos y carecen de un acompañamiento técnico y apoyo financiero efectivo por parte del AyA (Fallas, 2014).

Debido a que las ASADAS, se conforman en su mayoría por vecinas y vecinos de las comunidades que se benefician con el servicio que estas prestan, es que existen múltiples tipos de administración, desde las más fortalecidas hasta las más débiles.

Según Castro & Ulate, (2014, p.93) “los problemas y potencialidades identificadas en las ASADAS en directa relación con las propuestas del derecho humano al agua, propician reflexiones acerca de la planificación actual del recurso hídrico, desde sus metodologías e instrumentos utilizados. El artículo 2 del reglamento de las ASADAS vigente desde febrero del 2005, indica que un acueducto tiene por objetivo: captar, conducir, almacenar, tratar y distribuir agua potable, aprovechando la gravedad, o bien, la utilización de energía para su correspondiente bombeo, con la finalidad de proporcionar agua potable a un núcleo de población determinado. Además, un acueducto es un sistema formado por obras accesorias, tuberías, o conductos de caracteres diferentes (CITA). Comprende también los factores involucrados en la conservación, preservación y aprovechamiento del recurso hídrico y las obras de infraestructura, su construcción, mantenimiento, reposición y sostenimiento (Decreto Ejecutivo No. 32529-S-MINAE, 2020).

En torno al funcionamiento de las ASADAS, debe tenerse presente la importancia de la incorporación práctica de instrumentos de planificación y gestión que les permitan ordenar, cuantificar, controlar y proyectar las acciones propias para llevar a las personas de las comunidades un adecuado suministro de agua de calidad potable (Castro & Ulate, 2014, p.97).

1.3 Justificación

El desarrollo de estrategias y actividades planificadas concernientes al recurso hídrico, son propuestas muy viables para la erradicación de problemas que se dan por la

ausencia de estructuras y guías claras que permitan a las personas encargadas de las ASADAS tomar decisiones y ejecutar las tareas en los acueductos (Castro, 2014, p.95).

Mediante la evaluación operativa se podrá realizar la guía estratégica y posteriormente el manual de operación y mantenimiento del acueducto, en base a las necesidades que presenten las ASADAS en estudio, garantizando de esta manera una gestión integrada del recurso hídrico mediante la planificación.

Es importante que las ASADAS cuenten con un manual de operación y mantenimiento, en el cual se describan las actividades que se llevan a cabo en el acueducto, así como especificaciones técnicas del mismo. Además, cabe recalcar que dentro de las evaluaciones que realiza el AyA a estas asociaciones, se les evalúa contar con un manual, sin embargo, no existe un apoyo de parte de la institución en el cual se les explique que debe o no contener este manual.

Es por ello, que mediante la evaluación operativa que se realizará para la elaboración de la guía estratégica y posteriormente su aplicación mediante el manual, se podrán realizar de manera más adecuada el control en la organización, planificación, gestión y toma de decisiones para el óptimo funcionamiento de los acueductos comunales. La guía estratégica proporcionará la información de los procedimientos y actividades que se llevan a cabo dentro de los diferentes acueductos comunales de forma ordenada u secuencial.

Es indispensable llevar a cabo la guía estratégica para que los entes delegados de la Región Chorotega puedan tener una concepción más clara y sistemática de las operaciones que se realizan. Además, es importante como medio para orientar al personal de nuevo ingreso, facilitando su incorporación además de brindar una inducción a las actividades que se llevan a cabo en las distintas áreas.

El estudio se desarrollará en base a los conocimientos obtenidos durante el proceso educativo de ingeniera hidrológica y la experiencia adquirida dentro de la práctica profesional realizada en la ASADA Malinches de Pinilla, en la cual la autora desarrolló un manual de operación y mantenimiento del acueducto. Esta experiencia provee las herramientas necesarias para efectuar la guía para que los entes operadores puedan elaborar su propio manual de operación y mantenimiento del acueducto. Además de poder brindar un

aporte valioso con la elaboración de modelo para que el Institución Costarricense de Acueductos y Alcantarillado y los entes delegados de la Región Chorotega puedan aprovecharlo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar operativamente dos ASADAS de la Región Chorotega, Costa Rica para la elaboración de un manual de operación y mantenimiento que mejore la gestión y planificación del recurso hídrico.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Recopilar información aplicable en el campo mediante una revisión de literatura sobre buenas prácticas en operación y mantenimiento de entes operadores de acueductos comunales.
2. Identificar los parámetros e indicadores más relevantes para la optimización de la operación y mantenimiento de entes operadores de acueductos comunales.
3. Diseñar una guía estratégica de referencia para que los entes operadores de acueductos comunales puedan realizar su propio manual de operación y mantenimiento en la Región Chorotega.
4. Aplicar la guía estratégica en dos casos de estudios seleccionados realizando los ajustes y validación necesarios de la guía.

1.5 Alcance y limitaciones

1. Los acueductos rurales presentan diversos problemas y carencias que afectan el servicio brindado a la población. Sin embargo, este estudio se enfoca desde el punto de mantenimiento y operación del sistema acueducto.
2. Mediante la recolección de información base de casos de estudios específicos, se pudo observar las distintas necesidades de las ASADAS, para la elaboración de la guía.
3. Debido a la cantidad de acueductos comunales (ASADAS) con los que cuenta la región chorotega, la guía se aplicará únicamente en dos ASADAS de la zona, las cuales poseen diferentes fuentes de aprovechamiento.

4. La realización de la guía estratégica conlleva distintas fases, es importante seguirlas bajo el mismo orden, para poder generar resultados en el tiempo establecido.
5. La virtualidad proporciona la facilidad de recopilar información de los actores claves del proyecto sin tener que trasladarse a lugares lejanos, sin embargo, no es probable comprobar la veracidad de los datos.
6. La guía estratégica es una herramienta que proporciona información para futuros estudios.

Capítulo 2. Contexto

En el presente capítulo se observa el área de estudio donde se llevará a cabo el desarrollo del proyecto, así como características específicas de la zona.

2.1 Área de estudio

La zona de estudio de esta investigación corresponde a las ASADAS de la provincia Guanacaste (Región Chorotega), las cuales son administradas por las Oficina Regional de Acueductos Comunales Región Chorotega (ORAC) del AyA (ver figura 1).

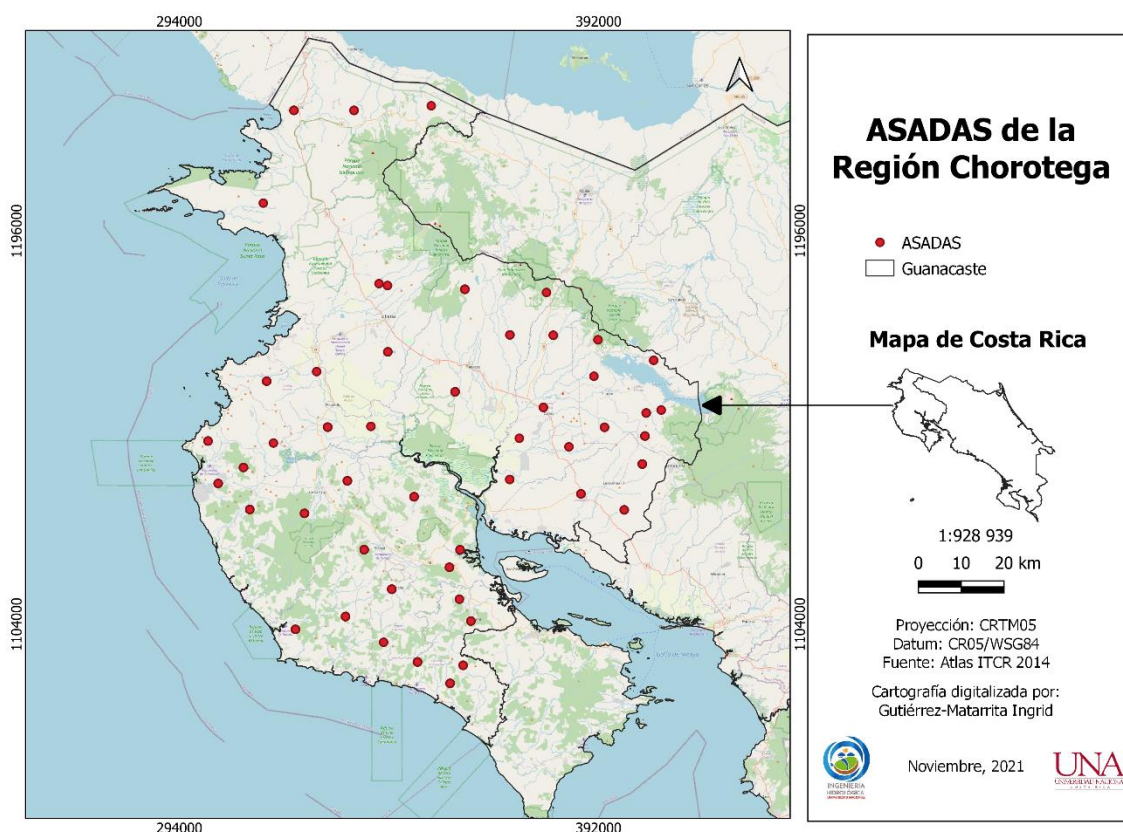


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de las ASADAS de la Región Chorotega administradas por la ORAC.

Fuente: propia de la investigación, (2021).

Tal y como se observa en la figura anterior la ORAC administra una gran cantidad de ASADAS de la Región Chorotega, es por ello, que en este estudio se utilizarán únicamente dos ASADAS específicas para llevar a cabo la recolección de información y toma de datos técnicos, entre otros aspectos que sean necesarios para llevar a cabo la evaluación.

En la Figura 2, se observan la ubicación de las dos ASADAS de la Región Chorotega con las cuales se llevará a cabo la investigación.

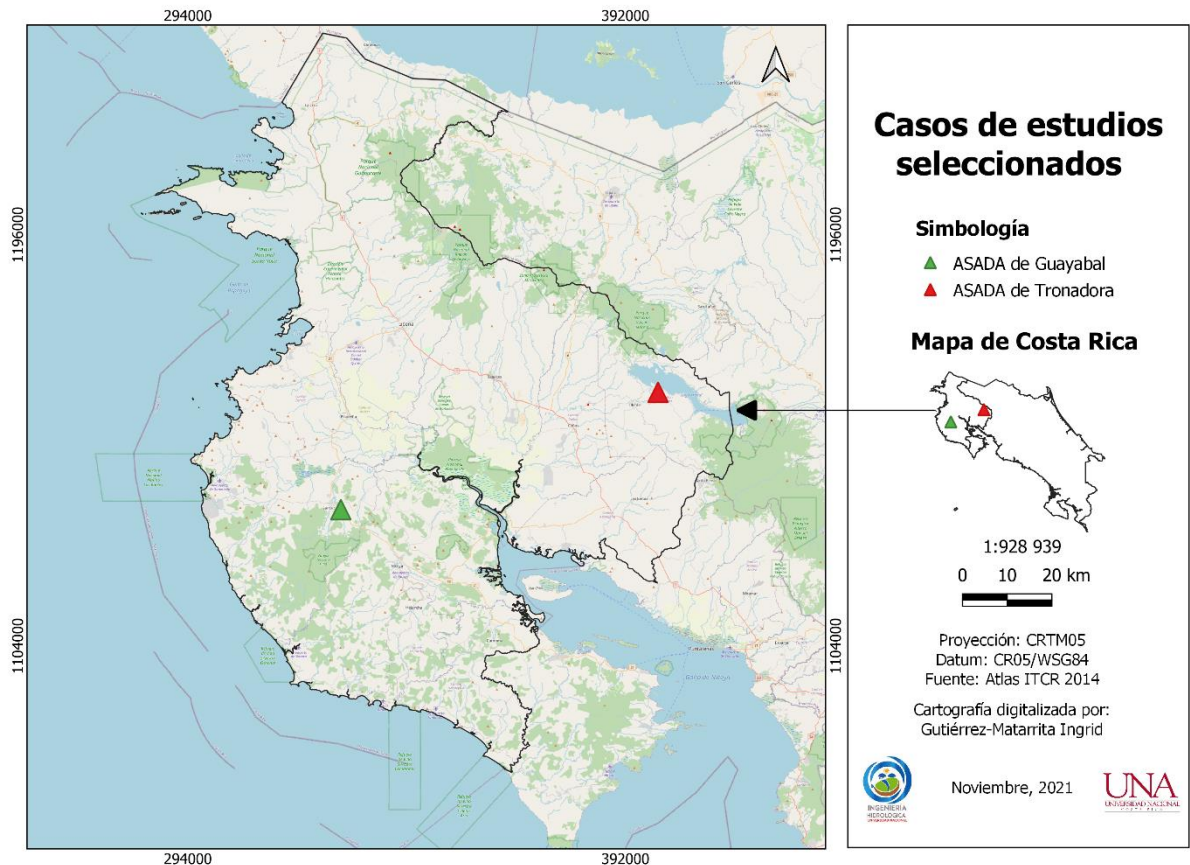


Figura 2. Mapa de ubicación geográfica de la ASADA de Tronadora de Tilarán y Guayabal de Santa Cruz, en la Región Chorotega, Costa Rica.

Fuente: propia de la investigación, (2021).

2.1.1 Clima de la Región Chorotega

Según la regionalización climática del IMN, el Pacífico Norte posee una precipitación media histórica de 2200 mm anual. Sin embargo, el rezago histórico en inversión pública de infraestructura hidráulica no ha permitido atender la demanda exponencial del agua, lo que ha provocado, que nuevos desarrollos inmobiliarios se paralicen o gestionen autoabastecerse del agua por medio de pozos. Esta situación ha generado una competencia entre desarrollo y las comunidades por el acceso agua (Secretaría Técnica del CAN, 2018, p.7).

A continuación, se detalla la información referente a las ASADAS con las cuales se llevará a cabo el desarrollo de la investigación.

2.2 ASADA Guayabal de Santa Cruz

El acueducto de Barrio Guayabal, Tilarán, Guanacas, Costa Rica se creó en el año de 1990 y era manejado por un comité comunal. En el año de 1997 se realizó la constitución de la ASADA. En el año 2019 se solicitó el convenio de delegación. La ASADA posee alrededor de 337 abonados (AyA, 2020).

La infraestructura de la ASADA Barrio Guayabal se compone de un pozo perforado con un caudal concesionado ante el MINAE de 5.5 l/s, un tanque de almacenamiento de 120 m³, tubería de impulsión y tuberías de distribución. Las tuberías principales poseen diámetros de 150, 100 y 75 mm, las secundarias 63 y 38 mm y las de impulsión 100 mm. Los terrenos que conforman los componentes del sistema están a nombre de la ASADA actualmente (AyA, 2020).

2.2.1 Recurso hídrico

Según la Hoja Nicoya del mapa Tipos de clima (Herrera, 1986; citado por Zúñiga, 2006, p.7), el área cubierta por las cuencas del río Diría y Enmedio, ambos pertenecientes al Cantón de Santa Cruz, el clima varía de húmedo-caliente a un clima subhúmedo seco-muy caliente.

El área es drenada por los ríos Diría, Enmedio, San Juan y Campero (Zúñiga, 2006 p.20). La red fluvial del cantón de Santa Cruz, es según la Comisión Nacional de Emergencias, el foco de las amenazas hidrometeorológicas de ese cantón (Inder, 2016, p.16).

2.2.2 Actividades principales

El 38,1% de las fincas del Territorio que cubren una extensión de 38346,2 hectáreas, se dedican a la actividad agrícola y el 50,1% de las fincas con una extensión total de 49404,4 hectáreas, se dedican a la actividad pecuaria (ganado porcino, vacuno, avicultura, especies menores entre otros) (Inder, 2016, p.24).

Según estudios socio-productivos en el cantón de Santa Cruz predomina, además, la actividad turística (González & Vilaboa, 2010, p.3).

2.3 ASADA de Tronadora de Tilarán

La comunidad de Tronadora cuenta con cuatro fuentes de abastecimiento (nacientes) ubicadas en propiedades privadas, los cuales poseen caudales de 2, 0.5, 2 y 19 l/s. Adicionalmente, la ASADA tiene construidos seis tanques de almacenamiento, los cuales proporcionan un volumen total de 409 m³ de capacidad de almacenamiento. Tiene, además, alrededor de 728 abonados y cuenta con macro medidores en los tanques y un hidrante (AyA, 2020).

Las tuberías de conducción y distribución son de PVC en 150 mm (6”), 100 mm (4”), 75 mm (3”) y 50 mm (2”) de diámetro, las tuberías salen de la propiedad donde se ubican las captaciones, hasta llegar a su correspondiente tanque de almacenamiento. La red de distribución presenta diámetros de 100, 75 y 50 mm (AyA, 2020).

2.3.1 Recurso hídrico

A diferencia de la zona baja de la Región Chorotega, los meses de diciembre y enero son lluviosos en Tilarán, debido a la influencia de los sistemas de viento que afectan la vertiente Caribe, los cuales generan humedad y precipitación al pasar por la depresión que separa la Cordillera de Guanacaste del Volcán Arenal (CITA). La época lluviosa se extiende de mayo a diciembre, con máximos de lluvia durante los meses de junio (294,5 mm) y setiembre (350,0 mm). Los meses de julio y agosto reportan un leve descenso en la cantidad de lluvia debido al efecto del “veranillo de San Juan y la canícula”, periodos durante los cuales se presentan varios días secos consecutivos (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, s.f).

2.3.2 Actividades principales

La cercanía de este pueblo guanacasteco con el Lago Arenal, ha permitido llevar a cabo actividades deportivas como la “Vuelta al Lago en Bicicleta”, considerando el evento de ciclismo recreativo más grande de Centroamérica y el reconocido “Campeonato Nacional Ecuestre de Resistencia”, que establece su ruta alrededor de este lago. Tilarán es famoso por sus fiestas, cuna de actividades como “Toros Extremos” donde se concentran las mejores ganaderías del país para llevar a cabo el espectáculo taurino de más auge y en uno de los escenarios taurinos más bellos del país (Estrategia Integral de Prevención para la Seguridad Pública, 2019, p.9).

Capítulo 3. Marco Teórico

En este capítulo se presenta el marco teórico referente a la investigación, es decir conceptos, teorías, prácticas de referencia, entre otros conceptos claves para comprender el objetivo del estudio. Para ello este capítulo se divide en dos secciones; la primera hace referencia a conceptos claves y la segunda hace referencia a los parámetros que se evaluaron en las visitas de campo.

3.1 Definición de conceptos

3.1.1 ASADA

Es la Asociación Administradora de Acueductos Comunales (ASADA), que surge de un acuerdo entre personas vecina, que aportan sus conocimientos o actividades para cooperar en la administración, mantenimiento, operación y desarrollo de un acueducto comunal, convirtiéndose en una organización prestataria de un servicio público, por delegación del AyA, sin fines de lucro, regidas por la Ley de Asociaciones No. 218 (AyA, s.f).

3.1.1.1 Fines de las ASADAS

Algunas de las finalidades son de acuerdo con AyA, (s.f):

- a)** La construcción, administración, operación, mantenimiento y desarrollo de los sistemas de acueductos y alcantarillados delegados por el AyA.
- b)** Otorgar el servicio público de dotación de agua, en forma eficiente, igualitaria y oportuna a todos sus clientes, sin distinciones de ninguna naturaleza.
- c)** Velar porque todos los sistemas, sus instalaciones de acueductos cumplan con los principios básicos del servicio público, tanto en calidad, cantidad, cobertura, eficiencia y otros.
- d)** Conservación y aprovechamiento racional de las aguas necesarias para el suministro a las poblaciones: control de su contaminación o alteración; definición de las medidas y acciones necesarias para la protección de las cuencas hidrográficas y la estabilidad ecológica; por lo que los recursos financieros generados por la gestión del sistema deberán dedicarse exclusivamente a eso.

3.1.2 Guía estratégica

Una guía estratégica tiene como objetivo brindar la orientación necesaria para la elaboración de documentos tales como los manuales de operación, procedimiento y mantenimiento (SER, s.f, p.2).

3.1.2.1 Importancia

La guía señala las bases necesarias para la elaboración, presentación y actualización de los manuales, unificando criterios de contenido que permiten la realización de las distintas funciones a través de la sistematización de las actividades, identificación de los procesos y definición de los métodos para efectuarlas (SER, s.f, p.2).

3.1.3 Evaluación operativa

Se define como un proceso dinámico, continuo y sistemático, enfocado a mejorar la eficiencia y eficacia, a través del análisis del grado de ejecución de sus indicadores de alerta, de las desviaciones de dichos indicadores y de las modificaciones entre ejes a realizar con la finalidad de alcanzar los objetivos planificados (Programas Operativos FEDER & Fondo de Cohesión, 2009. p.10).

3.1.3.1 Importancia

La evaluación permite aprender de la experiencia y, a partir de ella, diseñar más adecuadamente los nuevos proyectos. La evaluación a su vez asegura que se tengan en cuenta diversas vías para lograr los objetivos y, asimismo, que se elijan aquellas que representa la solución más eficiente en la utilización de esos recursos (Cohen & Franco 1999. p.12)

3.1.4 Manual

Duhalt (1977), define un manual como un documento que contiene en forma ordenada y sistemática información y/o instrucciones sobre historia, política, procedimientos, organización de un organismo social, que se consideran necesario para la mejor ejecución del trabajo.

3.1.5 Actividad

Es el conjunto de operaciones afines y sucesivas que son ejecutadas por una unidad responsable para la realización de un trabajo determinado (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2016, p.3).

3.1.6 Manual de procedimientos

Un manual de procedimientos, específica de manera detallada cada una de las tareas que se deben realizar, con el fin de efectuar los objetivos organizacionales trazados por la Empresa, generalmente indica en su descripción; quién, cómo, dónde, cuándo y para qué han de realizarse las operaciones (Rojas, 2011, p.33).

3.1.6.1 Procedimiento

Es una serie de actividades relacionadas entre sí y ordenadas cronológicamente, que muestran la forma establecida en que se realiza un trabajo determinado, explicando en forma clara y precisa quien, que, como, cuando, donde y con qué se realiza cada una de las actividades (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2016, p.3).

3.1.6.2 Objetivos

Los objetivos de un manual de procedimientos según Ortega (2009, pp. 8-9); citado por Sánchez, (2014, p.40), son los siguientes:

1. Ser un medio de inducción para los nuevos funcionarios.
2. Brindar dirección a los funcionarios.
3. Comunicar los objetivos y metas de la organización.
4. Servir como un conducto de comunicación oficial del jerarca institucional.

3.1.6.3 Funciones

Algunas funciones de un manual de procedimientos son (Sánchez, 2014, p.41).:

1. Identificar a los responsables de las actividades.
2. Aumentar la productividad de la organización.
3. Disminuir o eliminar fallas en el desarrollo de las actividades.
4. Establecer e indicar las políticas que se deben de cumplir en cada procedimiento.
5. Determinar los formularios o documentos necesarios.

3.1.7 Manual de mantenimiento

Un manual de mantenimiento describe las normas, la organización y los procedimientos que se utilizan en una empresa para efectuar la función de mantenimiento. Dicho manual eleva el papel del mantenimiento a un lugar muy importante de la

organización, cuando los procesos se encuentran ordenados y son llevados a cabo de una forma satisfactoria (González, s.f., p.1).

3.1.7.1 Mantenimiento

El mantenimiento es un conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que éstos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados (SENA, 1991, p.10).

3.1.7.2 Tipos de mantenimiento

Existen diversas formas de realizar el mantenimiento a un equipo de producción, cada una de; las cuales tiene sus propias características como lo describiremos a continuación, (SENA, 1991, p.12):

- a) Mantenimiento correctivo.
- b) Mantenimiento periódico.
- c) Mantenimiento programado.
- d) Mantenimiento predictivo.
- e) Mantenimiento bajo condiciones.
- f) Mantenimiento preventivo.

3.2 Parámetros

3.2.1 Aforo

Aforar una corriente de agua es determinar en un momento dado el valor del caudal. A esta operación se la llama aforo, y la persona que realiza esta tarea es el aforador. Aforo se denomina a todas las tareas de campo y gabinete que nos permiten determinar el caudal que pasa por una sección. El caudal depende directamente de la superficie (S) de la sección transversal de la corriente de agua y de la velocidad media del agua (V), obteniéndose el caudal o gasto (Q) por medio de la multiplicación de ambos factores (Basán, 2008, p.5).

Ecuación 1:

$$Q = S \times V$$

3.2.1.1 Métodos de aforo

Los métodos prácticos de aplicación más utilizados son: (Organización Meteorológica Mundial, 2011; citado por ICC, 2017, p.3).

1. Método volumétrico
2. Medidor Parshall
3. Método de vertederos y orificios
4. Método de sección-velocidad, calculando la velocidad con:
 - ❖ Flotador
 - ❖ Molinete

3.2.2 Cloro Residual

Es el cloro activo que permanece en el agua luego de desinfectarla, a fin de asegurar la desinfección durante un tiempo determinado. Según la Organización Mundial de la Salud, “En la actualidad, la desinfección con cloro es la mejor garantía del agua microbiológicamente potable”, Por sus propiedades, el cloro es efectivo para combatir todo tipo de microbios contenidos en el agua incluidos las bacterias, los virus, los hongos y las levaduras y las algas y limos que proliferan en el interior de las tuberías de suministro y en los depósitos de almacenamiento (Organización Panamericana de la Salud, 2013, p.22).

3.2.2.1 Valor admisible

Es función del tipo de residual que se tenga. Se recomienda, para la destrucción de bacterias indicadoras el mínimo de cloro, en la red de distribución, dependiendo del pH del agua y tiempo mínimo de contacto dado en el siguiente cuadro (Decreto N° 32327-S, 2005). La concentración del valor recomendado de cloro residual libre para el agua potable en Costa Rica se encuentra entre 0.3 y 0.6 mg/L dependiendo del pH (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores permisibles oficiales de cloro residual (mg/L) según el pH para un tiempo de contacto de 20 minutos en Costa Rica.

Valor del pH	Cloro residual (mg/L)
6,0 - 7,0	0,3
7,1 - 8,0	0,5
8,1 - 9,0	0,6

Fuente: Decreto N° 32327-S, (2005).

3.2.3 Georreferenciación

La georreferenciación o rectificación espacial es un proceso que permite determinar la posición de un elemento en un sistema de coordenadas espacial diferente al que se encuentra. Se define como una función matemática del tipo $X = f(x, y)$ e $Y = f(x, y)$, donde la posición de cada entidad geográfica en el sistema de coordenadas destino (X,Y) es función de las coordenadas (x, y) que tiene ese mismo elemento en el sistema origen (Dávila y Camacho, 2012; citado por Álvarez & Conesa, 2018, p.102).

3.2.3.1 Factores

Los factores que inciden en la incertidumbre de las localidades con coordenadas se encuentran los siguientes (Escobar *et al*, 2015, p.20):

- a) Desconocimiento generalizado del método de captura de las coordenadas, impidiendo discriminar las coordenadas tomadas por GPS, de otras fuentes como gaceteros, mapas, Google Earth, etc.
- b) Desconocimiento del datum usado en la captura de coordenadas.
- c) Registros que solo tienen coordenadas y no tienen descripción de la localidad.

3.2.4 Presión en las tuberías

Es la fuerza que ejerce el agua sobre las paredes internas de las tuberías. La cual es de suma importancia medir con la finalidad de monitorear la calidad del servicio y reducir los impactos de la escasez del agua, además ayuda a apoyar la toma de decisiones para el otorgamiento de nuevas disponibilidades de aguas en las ASADAS (AyA, s.f).

3.2.4.1 Instrumento de medición

El instrumento de medición para la presión del agua en las tuberías son los manómetros. El Rango según la Norma Técnica para “Diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial” del AyA establece que el rango mínimo de la presión debe ser de 20PSI lo cual es equivalente a 15mca, y el valor máximo permisible es de 100PSI el cual es equivalente a 70mca (AyA, s.f).

3.2.5 Medición de volúmenes de tanques

Medición de tanques, es el nombre utilizado para la determinación de producto contenido en un tanque de almacenamiento, existen dos métodos: medición volumétrica, basado en la determinación del volumen del producto contenido en el tanque mediante la medida del nivel y la temperatura y la medición másico, basado en la determinación de la masa del producto contenido en el tanque a partir de la presión hidrostática que ejerce la columna de líquido (Marín, 2001, p.1).

3.2.5.1 Importancia de la medición

Es requerida para la determinación de la cantidad de producto contenido en ellos y control de este. Cabe recalcar que, la medición de los tanques empezó con la medición manual utilizando para ello una cinta graduada y calibrada. Esta técnica es todavía ampliamente utilizada alrededor del mundo, y es además utilizada para verificar el rendimiento de otras técnicas de medición (Marín, 2001).

3.3 Software

A continuación, se detallan los softwares que se utilizaran durante el desarrollo del proyecto:

3.3.1 Qgis

Los Sistemas de Información Geográfica (SIS o GIS) son sistemas que facilitan la visualización, análisis y almacenaje de datos relacionados con el espacio físico. Esto con el fin de relacionar estos datos con fenómenos geográficos y urbanos de todo tipo reflejados en un mapa (Coordinación Universitaria de Observatorios Metropolitanos, 2013. p.1)

3.3.2 Excel

Excel es un programa informático de la suite ofimática Microsoft Office, cuya principal función es la de ejecutar operaciones matemáticas básicas (sumas, restas, multiplicaciones,

divisiones), hasta instrucciones de gran complejidad en la administración de grandes volúmenes de información a través de bases de datos y sus respectivos reportes gráficos útiles para la toma de decisiones (Ávalos *et al*, 2018. p.8).

Capítulo 4. Estudios de prefactibilidad

En este capítulo se desarrollan los estudios de prefactibilidad del estudio, los cuales son herramientas claves en la evaluación, para ello, se tomó como referencia el libro de Sapag *et al*, (2014).

Según Sapag *et al*, (2014, p.25), el estudio del proyecto pretende contestar el interrogante de si es o no conveniente realizar una determinada inversión.

En un proyecto se deben realizar varios estudios para poder llevar a cabo la evaluación, Sapag *et al*, (2014, p.26), propone la valoración de nueve perspectivas, las cuales son; comercial, técnica, legal, organizacional, ambiental, financiera o económica, vial, ética y social.

Sin embargo, para efectos de este proyecto se desarrollaron las perspectivas técnica, legal, ambiental, financiera o económica y social (figura 3), debido a que son las que mejor se adaptan a las características del proyecto para llevar a cabo la valoración de la viabilidad.

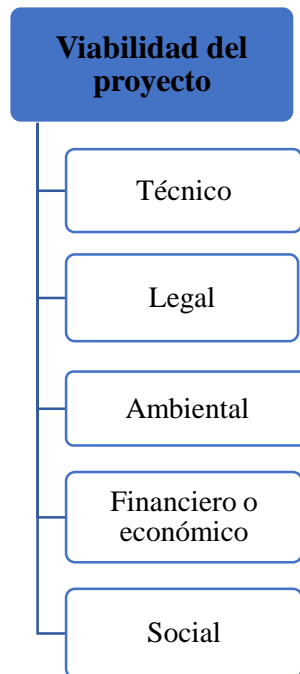


Figura 3. Esquema de la viabilidad del proyecto.

Fuente: adaptado de Sapag *et al.*, 2021.

4.1 Estudio técnico

Según Sapag *et al.*, (2014, p.26), el estudio de viabilidad técnica analiza las posibilidades materiales, físicas o químicas de producir el bien o servicio que desea para garantizar la capacidad de su producción.

A continuación, se detallan los procesos necesarios para llevar a cabo la viabilidad técnica del proyecto:

4.1.1 Procesos de producción

Su descripción posibilitara el conocer las materias primas y los insumos necesarios en el proyecto (Sapag *et al*, 2014, p.32).

En el desarrollo de este proyecto se utilizarán equipos y softwares, los cuales de describen a continuación:

4.1.1.1 Equipos

Las mediciones que se realizaran en campo son cinco, para llevar a cabo cada una de ellas es necesario contar con equipo, el cual será suministrador por la institución en la cual se desarrolla el proyecto, en este caso el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, sede de Liberia (cuadro 2). Las definiciones de las mediciones se mencionan en el capítulo 2, el cual hace referencia al marco teórico del proyecto.

Cuadro 2. Medición y equipo necesario para el desarrollo del proyecto.

Medición	Equipo	Cantidad
Georreferenciación	Geolocalizador	1
Aforos	Balde	1
	Cronómetro	1
	Calculadora	1
Cloro residual	Comparador de cloro	1
Presiones	Manómetro	1
Volúmenes	Cinta métrica	1

Fuente: propia de la investigación, (2021).

4.1.1.1.1 Costos de los insumos

Los costos de los equipos asociado al desarrollo del proyecto se detallan en el Cuadro 3. Cabe destacar que el costo fue asumido por la institución en la cual se desarrolla el proyecto, sin embargo, se cuenta con cada equipo, por lo que no fue necesario realizar una inversión en los equipos. El costo que se detalla de cada equipo corresponde al valor de mercado en el momento que se adquirió.

Cuadro 3. Costo de los equipos utilizados en el desarrollo del proyecto

Medición	Equipo	Costo Total
Georreferenciación	Geolocalizador	¢2000000,00
Aforos	Balde	¢5000,00
	Cronómetro	¢20000,00
	Calculadora	¢5000,00
Cloro residual	Comparador de cloro	¢1000000,00
Presiones	Manómetro	¢30000,00
Volúmenes	Cinta métrica	¢5000,00
	Total	¢3065000,00

Fuente: Jiménez y Gutiérrez (2021).

4.1.1.2 Insumos general

Los insumos generales del proyecto hacen referencia a los costos que por su índole no se agrupan en torno a una variable en común. En el cuadro 4 se detallan los insumos generales del proyecto.

Cuadro 4. Insumos generales del proyecto

Insumo	Cantidad
Transporte (Giras de campo)	4
Alimentación (Giras de campo)	6
Desayunos	3
Almuerzos	3
Computadora	1
Internet	1
Software QGIS	1

Fuente: propia de la investigación, (2021).

Los costos asociados a los insumos generales del proyecto se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro 5. Costo de los insumos generales del proyecto

Insumo	Costo Total
Transporte (Giras de campo)	¢40000,00
Alimentación (Giras de campo)	¢25500,00
Desayunos	¢10500,00
Almuerzos	¢15000,00
Computadora	¢600000,00
Internet	¢21000,00
Software QGIS	¢0,00
Total	¢686500,00

Fuente: propia de la investigación, (2021).

Los costos por insumos de transporte y alimentación serán cubiertos por la empresa a cargo del proyecto (AyA), el restante por el ingeniero que lo desarrolla.

4.1.2 Tecnología y procesos

Los programas que se utilizaron en el desarrollo del proyecto se detallan en el capítulo 3, el cual hace referencia al marco teórico, sección 3.3.

4.1.3 Localización y tamaño

La localización del proyecto es la disponibilidad de insumos interrelacionados con otro factor determinante del tamaño (Sapag *et al.*, 2014, p.136).

4.1.3.1 Macrolocalización

Para el desarrollo del proyecto se seleccionaron dos ASADAS, la ASADA Tronadora ubicada en el cantón Tilarán; y la ASADA de Guayabal perteneciente al cantón de Santa Cruz, ambas ubicadas en la provincia de Guanacaste (ver figura 4).

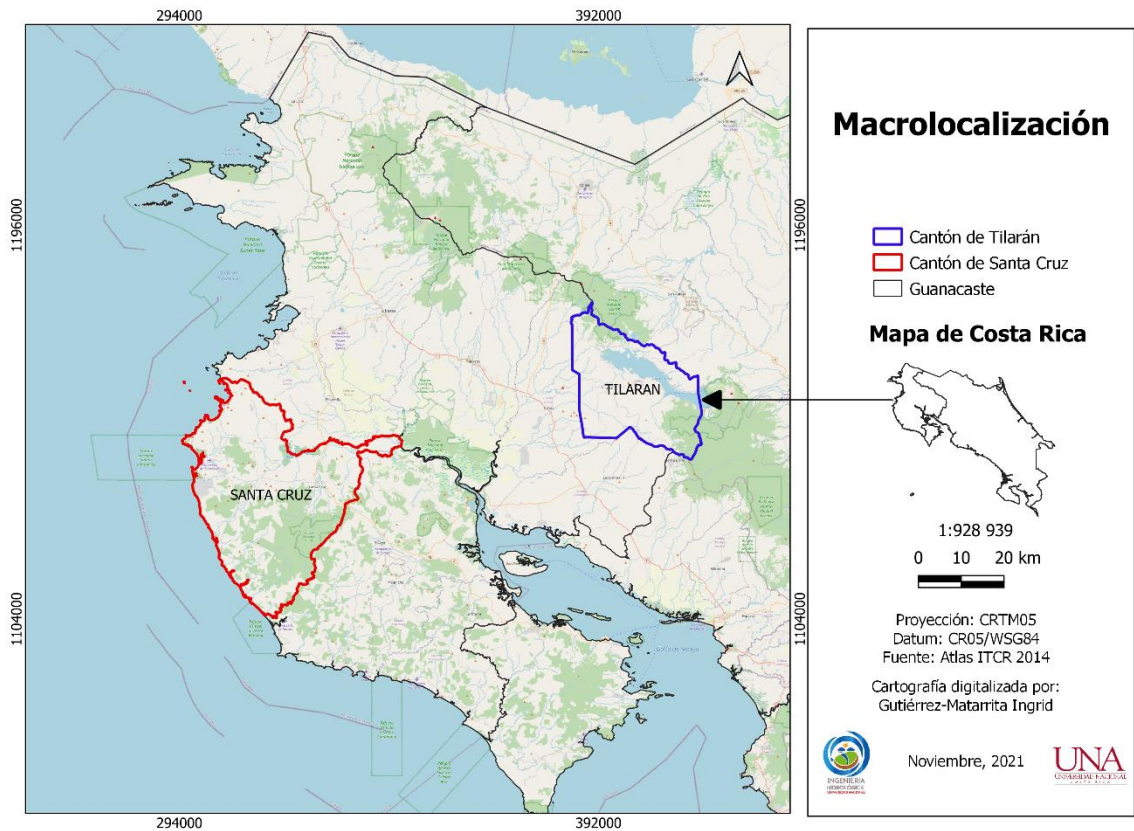


Figura 4. Macrolocalización de la zona de estudio

Fuente: propia de la investigación, (2021).

4.1.3.2 Microlocalización

Según Sapag *et al.*, (2014), la microlocalización nos indica una mejor alternativa para establecer el proyecto. Para el desarrollo del proyecto se seleccionó como microlocalización las ASADAS, las cuales se encuentran en puntos específicos de sus respectivos cantones.

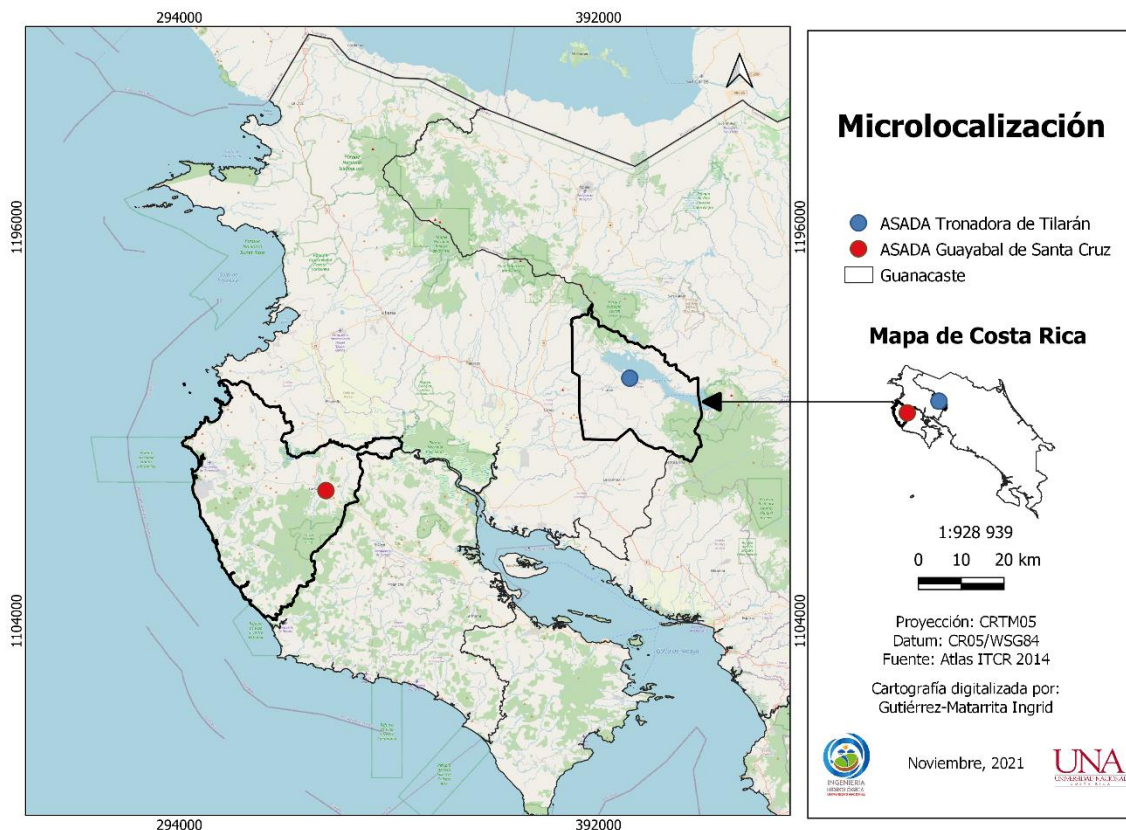


Figura 5. Microlocalización de la zona de estudio.

Fuente: propia de la investigación, (2021).

4.1.3.3 Tamaño

La determinación del tamaño debe llevarse a cabo mediante dos consideraciones que confieren un carácter cambiante al punto óptimo del proyecto: la relación precio-volumen y la relación costo-volumen (Sapag *et al*, 2014, p.138).

Para el desarrollo del proyecto se seleccionaron las ASADAS pertenecientes a la provincia de Guanacaste, sin embargo, por efectos de la extensión de la cobertura, se seleccionaron únicamente dos ASADAS dentro de la provincia para llevar a cabo la ejecución del proyecto. Dichas ASADAS corresponden a Tronadora de Tilarán y Guayabal de Santa Cruz.

De acuerdo con la toda la información anterior, se afirma que el proyecto es prefactible técnicamente.

4.2 Estudio Legal

El estudio legal es muy importante, ya que las relaciones internas, con proveedores, arrendatarios y trabajadores, así como las relaciones externas, con la institucionalidad, organismos fiscalizadores, etcétera, se encuentran administrados por un contrato, o bien por un marco regulatorio el cual genera costos al proyecto, por lo tanto, influye sobre la cuantificación de sus desembolsos (Sapag *et al*, 2014, p.33).

Para poder constatar la viabilidad legal del proyecto, se realizó una revisión bibliográfica sobre el marco legal en Costa Rica referente al desarrollo del proyecto, generando un resumen de las leyes más relevantes (ver cuadro 6).

Cuadro 6. Marco legal en Costa Rica referente al desarrollo del proyecto.

Marco Legal	Relación con el proyecto	Descripción breve
Decreto N° 42582-S-MINAE	Institución con la cual se desarrolla el proyecto	Artículo 3. El AyA como ente rector técnico en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y/o saneamiento de las aguas residuales, ejercerá todas las actividades propias del control, vigilancia, fiscalización, evaluación, normalización, planificación sectorial de los servicios de agua potable y saneamiento de aguas residuales y dirección de la gestión que realizan las ASADAS, ya que la gestión del sistema corresponde a la ASADA por delegación del AyA.
Decreto N° 42582-S-MINAE	Fundamento del proyecto	Artículo 27. Realizar la instrumentalización normativa y técnica, elaborando para las ASADAS políticas, manuales, guías de acción, disposiciones, metodologías, circulares y normas técnicas, directrices para su funcionamiento y otros instrumentos que favorezcan la implementación de las mejores prácticas y un correcto funcionamiento y sostenibilidad de la prestación de los servicios públicos que brindan, siendo estas de carácter obligatorio.
Decreto N° 42582-S-MINAE	Referente a los manuales de operación y mantenimiento	Artículo 47. Operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable. La ASADA deberá operar su sistema bajo los parámetros de continuidad, calidad, cantidad y oportunidad del servicio público, para lo cual deberá contar con un manual de operación del sistema que gestiona.
Decreto N° 42582-S-MINAE	Referente a los manuales de operación y mantenimiento	Artículo 47. La ASADA deberá dar mantenimiento a todos los componentes del sistema, con la periodicidad correspondiente y cumpliendo con la norma técnica emitida por AyA para tal fin. Para garantizar una mejor gestión del mantenimiento la ASADA deberá contar con un manual de mantenimiento de los sistemas.
Ley General de Control Interno	Propician la importancia del control interno	Artículo 15. Documentar, mantener actualizados y divulgar internamente, las políticas, las normas y los procedimientos de control que garanticen el cumplimiento del sistema de control interno institucional y la prevención de todo aspecto que conlleve a desviar los objetivos y las metas trazados por la institución en el desempeño de sus funciones.
Ley General de Control Interno	Propician la importancia del control interno	Artículo 16. Deberá contarse con sistemas de información que permitan a la administración activa tener una gestión documental institucional, entendiendo esta como el conjunto de actividades realizadas con el fin de controlar, almacenar y, posteriormente, recuperar de modo adecuado la información producida o recibida en la organización, en el desarrollo de sus actividades, con el fin de prevenir cualquier desvío en los objetivos trazados
Ley Orgánica de la Contraloría General de la República N° 7428	Propician la importancia del control interno	Artículo 24. La Contraloría General de la República podrá dictar los planes y programas de su función fiscalizadora, así como las políticas, los manuales técnicos y las directrices que deberán observar los sujetos pasivos en el cumplimiento del control interno, por medio de los órganos correspondientes.

Fuente: propia de la investigación, (2021).

De acuerdo con la información recopilada y analizada anteriormente, se concluye que el proyecto es prefectible legalmente, lo que quiere decir, que no se encontró ninguna ley o norma que impida se desarrolló.

4.3 Estudio Ambiental

Hoy en día la importancia ambiental es de suma relevancia en la implementación de un proyecto, en el cual se consideran exigencias que generen algún impacto económico e incluso social en el proyecto Sapag *et al*, (2014, p.35).

El Acuerdo de La Comisión Plenaria (2016), “Modificación al Artículo 7 de la Resolución 2373-2016-Setena, Proyectos de Muy Bajo Impacto” en el cual se establece que una actividad de muy bajo impacto ambiental potencial es aquella que no provoca una afectación negativa en el medio ambiente. Es por ello, no requieren presentar un estudio de Impacto Ambiental (EsIA).

El acuerdo mencionado confirma que el proyecto es prefectible ambientalmente, y, por lo tanto, no debe solicitar la viabilidad-licencia Ambiental que exige el Setena, y puede llevarse a cabo se desarrolló sin ningún problema.

4.4 Estudio Social

El estudio social según Díaz y Quintana, (2009, p.28) es una condición que evalúa el impacto de un proyecto sobre diferentes factores sociales: vidas salvadas, las afectaciones psicológicas a la sociedad, mejora de las condiciones de vida y trabajo, entre otros.

En el contexto del agua, se genera diferentes situaciones en los aspectos sociales, las comunidades constantemente luchan en primer lugar por su servicio, y en segundo lugar por su calidad. De esta manera, los servicios comunitarios del agua se han convertido en un importante escenario para mostrar el efecto de los poderes, de administración (Obando *et al*, 2019, p.3).

El estudio de la viabilidad social se llevó a cabo mediante la aplicación de encuestas, las cuales contenían preguntas abiertas y cerradas, que permitieron obtener datos cualitativos y cuantitativos, con la finalidad de medir la aceptación social del proyecto.

Para ello se procedió a dividir la aplicación de las encuestas en dos grupos: el primer grupo son los beneficiarios directos del proyecto, es decir las ASADAS con las cuales se trabajará durante el desarrollo del proyecto, en el segundo grupo llamado actores estratégicos, se ubican las instituciones que han desarrollado proyectos con relación al recurso hídrico y las ASADAS e instituciones que se involucraron en el desarrollo del proyecto.

En la siguiente figura se muestran los beneficiarios directos e indirectos a los cuales se les aplicó la encuesta.

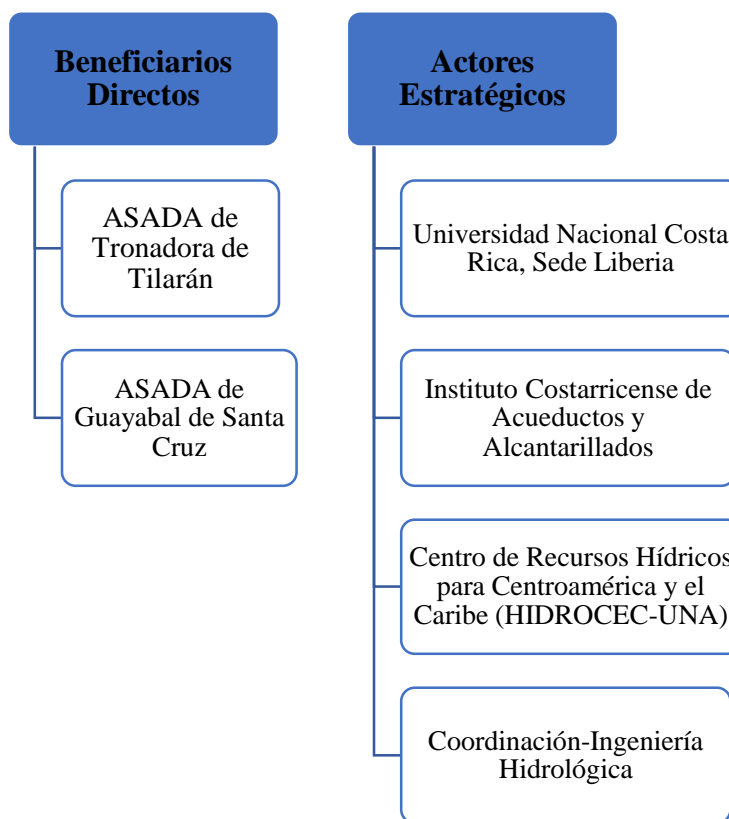


Figura 6. Diagrama de los beneficiarios directos y actores estratégicos del proyecto.

Fuente: propia de la investigación, (2021).

En el anexo 2, se muestra la encuesta aplicada a los beneficiarios directos y en el anexo 3, la encuesta aplicada a los actores estratégicos del proyecto, en la cual se consideraron aspectos relacionados a la perspectiva personal de las personas encuestadas.

La evaluación participativa persigue minimizar la distancia existente entre el evaluador y los beneficiarios directos. Las potencialidades de la participación son importantes en el éxito de un proyecto, tanto en el diseño como en su implementación, pues

permite mejorar la consecución de los objetivos de este (Cohen y Franco, 1988; citado por Rincón & Mujica, 2014, p.141).

De la aplicación de la encuesta a los beneficios directos del proyecto, según la pregunta N°5, la cual corresponde a la importancia de las guías estratégicas para la elaboración de manuales de operación y mantenimiento de agua potable, se obtuvo que las ASADAS lo consideran como importante la ASADA de Tronadora de Tilarán y muy importante la ASADA de Guayabal de Santa Cruz, considerando que la respuesta es una escala del uno al cinco, siendo uno nada importante y cinco Muy importante (ver gráfico 1).

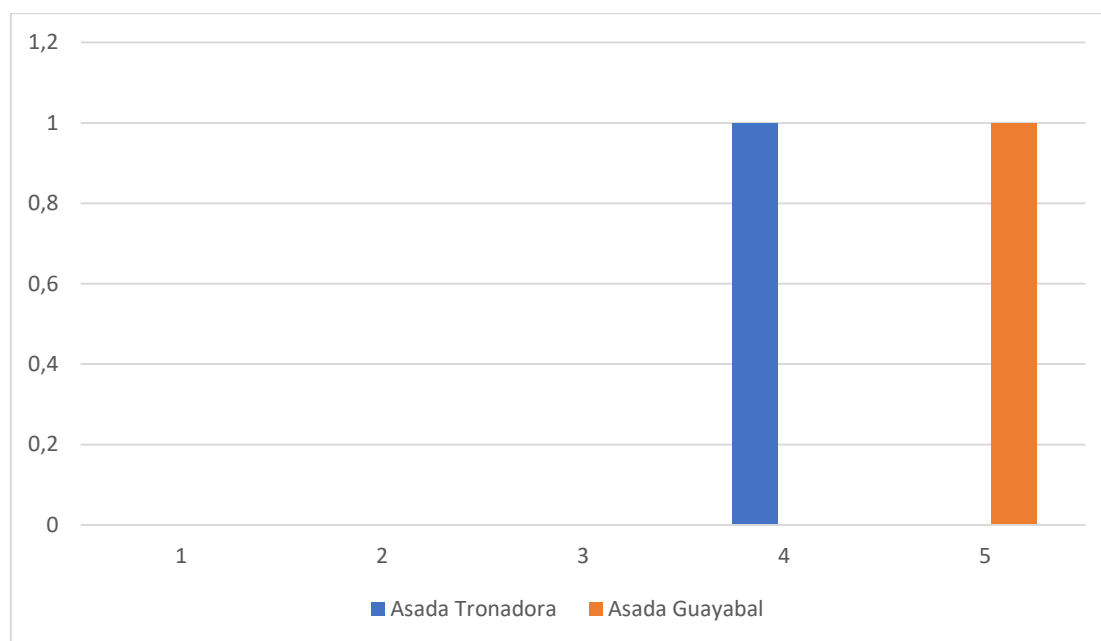


Gráfico 1. Importancia percibida de la ejecución del proyecto de según los beneficiarios directos.

Fuente: propia de la investigación, (2021).

La pregunta anterior fue aplicada también en la encuesta dirigida a los actores estratégicos, cabe recalcar que de únicamente dos de los cuatro actores estratégicos contestaron la encuesta. En este caso ellos calificaron como moderadamente y muy importante el desarrollo del proyecto (ver gráfico 2).

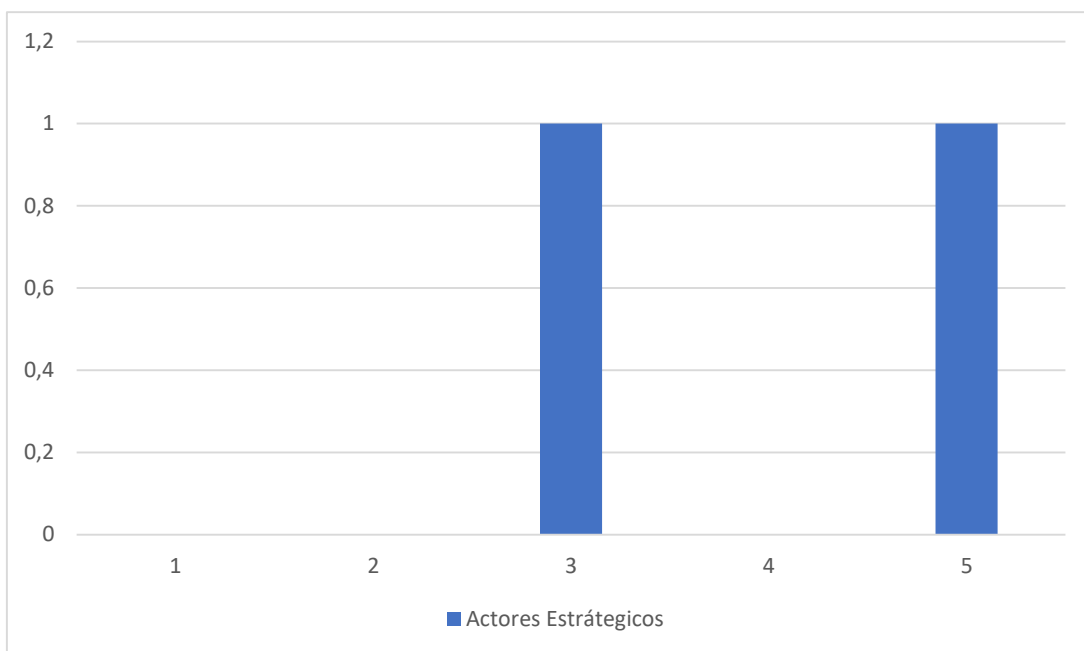


Gráfico 2. Importancia del desarrollo del proyecto según los actores estratégicos.

Fuente: propia de la investigación, (2021).

Además, dentro de la encuesta a los beneficiarios directos del proyecto se les interrogó sobre si estarían de acuerdo en participar en el desarrollo del proyecto, valorando de esta manera la aceptación social por parte de estos. De dicha pregunta se obtuvo un 100% de aceptación por parte de los beneficiarios directos.

En el caso de los actores estratégicos se les interrogó sobre si estarían de acuerdo en que se desarrolle un proyecto de esta índole, para ello se obtuvo que ambos actores sociales encuestados están de acuerdo con que se lleve a cabo.

Por lo tanto, de acuerdo con las encuestas realizadas se afirma que el proyecto es prefactible socialmente, según la aceptación por parte de los beneficiarios directos y los actores estratégicos y se procede con el estudio financiero-económico.

4.5 Estudio Financiero-Económico

Según Sapag *et al*, (2014, p.34), los objetivos de este estudio son ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionan los estudios anteriores,

además, elabora cuadros analíticos y datos adicionales para la evaluación del proyecto y estudia los antecedentes para determinar su rentabilidad.

Cabe recalcar que este proyecto es de carácter social, por lo tanto, no requiere de una inversión o un capital para su desarrollo. Según Martínez (1998, p.7), los proyectos sociales no constituyen un universo homogéneo de acciones, por lo contrario, consisten en la prestación de un servicio o una intervención en una situación social.

En el siguiente cuadro, se detallan los aspectos consideradores para llevar a cabo la guía en las ASADAS de Tronadora de Tilarán y Guayabal de Santa Cruz.

Cuadro 7. Presupuesto global del proyecto

Tipo de Costo	Rubro	Unidad	Cantidad	Responsable	Costo Unitario	Subtotal	Descripción
Directos	Equipos	Global	Varios	AyA	€3065000.00	€3065000.00	Equipo para la realización de las mediciones en campo
Indirectos	Giras de campo	Global	4	AyA	€21750.00	€87000.00	Alimentación y transporte
Otros	Imprevistos	%	10	-	€3086750.00	€308675.00	Un porcentaje de los costos directos + indirectos
	Impuestos	%	13	-	€0	€0	Cada egreso incluye su respectivo I.V.A
	Honorarios	Meses	8	Estudiante	€0	€0	Ingeniera Hidrológica
Total						€3460675.00	

Fuente: propia de la investigación, (2021).

Cabe recalcar que, los costos de equipos serán asumidos por el AyA, sin embargo, esta institución no debe realizar una inversión para la obtención de dicho equipo, ya que fueron adquiridos con anterioridad.

Por lo tanto, se concluye que el proyecto es prefactible en los ámbitos estudiados, y se procede a continuar con su desarrollo.

Capítulo 5. Metodología

En este capítulo se desarrolla la metodología que se llevará a cabo para la obtención de los resultados. Para ello se especifica el tipo de investigación, las etapas y fuentes de información empleadas para realizar el procesamiento metodológico del proyecto.

5.1 Descripción de metodología

Esta investigación se realizará mediante una metodología mixta, es decir combina aspectos cualitativos y cuantitativos. La investigación mixta utiliza la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos (Pole, 2009, p.32).

La metodología cualitativa es aplicada en las variables que se encuentran definidas en el capítulo 3, el cual hace referencia al marco teórico, al igual que medición de parámetros de campo como parte de la metodología cuantitativa del proyecto.

La investigación cuantitativa es aquella en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables. La investigación cualitativa evita la cuantificación. Los investigadores cualitativos hacen registros narrativos de los fenómenos que son estudiados mediante técnicas como la observación participante y las entrevistas no estructuradas (Fernández & Díaz, 2002, p.1).

En la siguiente figura se observa la distribución de las variables y parámetros según el tipo de metodología correspondiente.

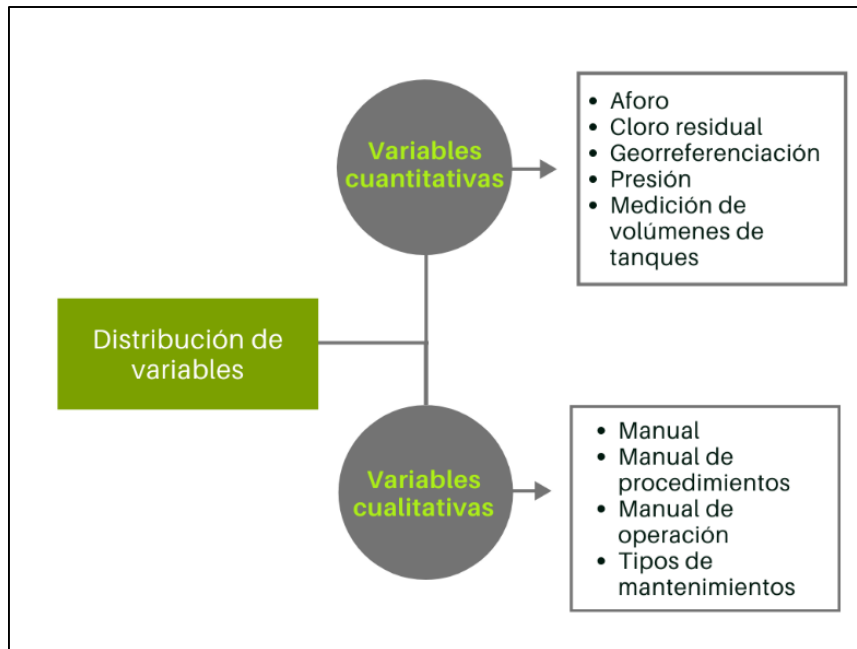


Figura 7. Distribución de las variables del proyecto por el tipo de datos utilizados.

Fuente: propia de la investigación, (2021).

5.1.1 Estrategia de muestreo

La muestra un subconjunto o parte del universo o población en la que se llevará a cabo la investigación. Existen diversos tipos de procedimientos para obtener la cantidad de los componentes de la muestra como fórmulas, lógica, entre otros. La muestra es una parte representativa de la población (López, 2004, p.1).

Tal y como se mencionó en el capítulo 4 (Estudios de prefactibilidad), el estudio se llevará a cabo en las ASADAS de la Región Chorotega, pero por efectos de dimensión de trabajará con una muestra de dos ASADAS, las cuales son Tronadora de Tilarán y Guayabal de Santa Cruz (ver figura 2).

5.1.2 Fases de la metodología

Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto, así como el cumplimiento de los objetivos específicos, la metodología se dividió en cuatro fases. Las cuales se pueden observar en la siguiente figura.

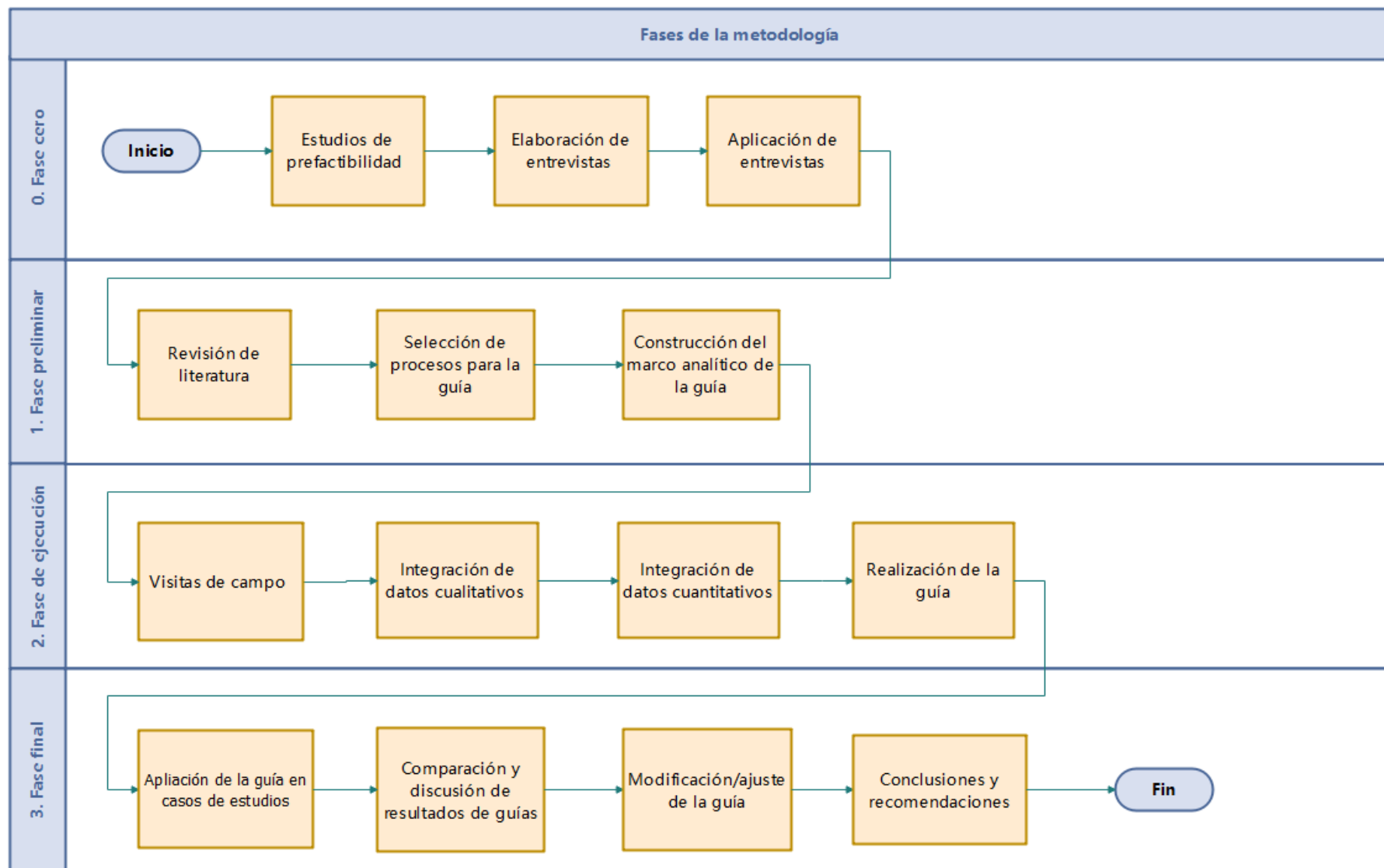


Figura 8. Fases del desarrollo del diseño metodológico para la evaluación operativa.

Fuente: propia de la investigación, (2021).

A continuación, se describen cada una de las fases observadas anteriormente.

5.1.2.1 Fase cero

En esta etapa se llevó a cabo una consulta y una revisión de literatura para los estudios de prefactibilidad del proyecto descritos en el capítulo 4. En la revisión de literatura se revisaron las leyes, decretos o normativas de carácter nacional, estudios sobre presupuestos de un proyecto, viabilidad ambiental, equipos y medición de la aceptación social, para ello, se llevaron a cabo las siguientes actividades.

5.1.2.1.1 Selección de beneficiarios: Para realizar la medición de la aceptación social, se seleccionaron dos grupos: beneficiarios directos y actores estratégicos, los cuales se detallan en el apartado 4.4 de estudios de prefactibilidad.

5.1.2.1.2 Elaboración de encuestas: El instrumento utilizado para la presente investigación consistió en una encuesta con preguntas abiertas y cerradas (ver anexo 1 y 2), la cual tenía como objetivo recabar la opinión de los beneficiarios directos y actores sociales del proyecto, con el fin de la aceptación social del proyecto.

5.1.2.1.3 Aplicación de encuestas: La aplicación de las encuestas se realizó a los dos grupos seleccionados, los beneficiarios directos y los actores estratégicos. La aplicación de dicho instrumento se llevó a cabo mediante la plataforma de Google Forms, como se menciona en el apartado 4.4.

5.1.2.2 Fase preliminar

En la fase preliminar se llevó a cabo la identificación de factores o variables críticas o claves en función del problema, las necesidades, demandas e iniciativas presentes en torno a la investigación (Figuroa, 2005, p.18). Las acciones que se llevarán a cabo en esta fase se describen a continuación:

5.1.2.2.1 Revisión de literatura: Se efectuó una recopilación de literatura mediante la revisión bibliográfica de documentos nacionales e internacionales disponibles referentes a las guías estratégicas y manuales de operación y mantenimiento, la cual sea una base para el desarrollo del proyecto.

5.1.2.2.2 Selección de procesos para la guía: Se analizó la información recopilada anteriormente con la finalidad de seleccionar los procesos adecuados que deben contemplarse

dentro de la guía estratégica, mediante la organización, análisis y sistematización de los procesos que se llevan a cabo en la operación y mantenimiento de los acueductos de agua potable.

5.1.2.2.3 Construcción del marco analítico de la guía: Una vez seleccionados los procesos de la guía, se elaboró el marco analítico de la guía, es decir las preguntas específicas, la medición de parámetros, consideración de variables, entre otras intervenciones que sean necesarias para llevar a cabo la recolección de los resultados, las cuales se llevarán a cabo en la fase de ejecución (giras de campo)

5.1.2.3 Fase de ejecución

Según Meneses, (2007, p.336), en esta fase se produce la implementación “real” del diseño de la investigación y, además, comprende todo el trabajo experimental que persigue la obtención de datos de acuerdo con los objetivos establecidos. Para ello se ejecutaron las siguientes acciones, descritas en el capítulo 3 referente al marco teórico.

5.1.2.3.1 Visitas de campo: Se realizaron dos visitas de campos a las ASADAS seleccionadas. En las visitas se midieron las variables cuantitativas y cualitativas descritas en el capítulo 3 del marco teórico. Para ello se realizó un recorrido de todo el sistema del acueducto de agua potable, en el cual, además, se efectuó una serie de preguntas a los encargados del acueducto, con el fin de obtener información que reflejara la realidad operativa de los acueductos.

5.1.2.3.2 Integración de datos cualitativos: Mediante las visitas a campo y el marco analítico se integraron los datos cualitativos de los acueductos con el fin de realizar la guía. La obtención de los datos cualitativos se llevó a cabo mediante las preguntas que se efectuaron al encargado del acueducto durante las giras de campo a los casos de estudios seleccionados.

5.1.2.3.3 Integración de datos cuantitativos: Al igual que en análisis de variables cualitativas se integraron los datos cuantitativos y del marco analítico para llevar a cabo la realización de la guía. Las variables cuantitativas fueron obtenidas mediante la medición de los parámetros que se desarrollan en el capítulo 3.

5.1.2.3.4 Realización de la guía: Una vez obtenida toda la información necesaria (datos cuantitativos y cualitativos), se procedió a realizar el diseño de la guía para la elaboración del manual de operación y mantenimiento de acueductos de agua potable.

5.1.2.4 Fase final

Las acciones que se llevarán a cabo en esta fase se describen a continuación:

5.1.2.4.1 Aplicación de la guía en casos de estudios: Después de llevar a cabo la elaboración de la guía estratégica se aplicó en las ASADAS seleccionadas como estudios de caso, generando de esta manera dos manuales de operación y mantenimiento de acueductos de agua potable, adaptados a distintas funcionalidades.

5.1.2.4.2 Comparación y discusión de resultados de guías: Debido a las distintas funcionalidades de los acueductos de agua potable de las ASADAS seleccionadas, fue necesario llevar a cabo una comparación y discusión de los resultados obtenidos al aplicar la guía estratégica, de manera que se pudo determinar las fortalezas y debilidades que posee dicho instrumento.

5.1.2.4.3 Modificación/ajuste de la guía: Mediante la comparación y discusión de los resultados obtenidos se realizaron modificaciones a la guía estratégica para comprobar que se ajuste a las distintas funcionalidades de los acueductos de agua potable de la Región Chorotega.

5.1.2.4.4 Conclusiones y recomendaciones: Una vez realizados todos los procedimientos descritos anteriormente, se redactaron las conclusiones finales y recomendaciones en base a la metodología realizada durante el desarrollo del proyecto.

5.2 Cronograma

El cronograma del proyecto se realizó mediante un diagrama de Gantt, el cual es uno de los recursos metodológicos más utilizados para llevar a cabo la programación de las actividades. El diagrama de Gantt es una matriz de doble entrada, donde se identifican las actividades y su realización ordenadas en relación con el tiempo, generando una representación visual de las actividades a desarrollar (Figuroa, 2005, p.28).

En el cuadro 8, se muestra el cronograma de actividades para llevar a cabo la sección de metodología propuesta.

Cuadro 8. Cronograma de actividades.

Cronograma de Actividades																																
Actividad	Inicio	Fin	Duración	Junio		Julio					Agosto				Septiembre					Octubre					Noviembre				Diciembre			
				3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4
Etapa I																																
Anteproyecto	6/4/2021	7/7/2021	4 Meses	■	■	■	■																									
Etapa II																																
Recoleccion de información de campo																																
Recorrido ASADAS	15/7/2021	16/7/2021	2 Días				■																									
Medición de Parámetros en las ASADAS	22/7/2021	23/7/2021	2 Días					■																								
Análisis de variables																																
Análisis de dato cuanlitativos	24/7/2021	30/7/2021	6 Días					■	■																							
Análisis de parámetros cuantitativos	31/7/2021/	6/8/2021	6 Días						■	■																						
Realización de la guía																																
Elaboración del diseño preliminar de la guía	7/8/2021	7/9/2021	1 Mes							■	■	■	■	■	■																	
Revisión por parte del supervisor	8/9/2021	15/9/2021	7 Días											■	■																	
Conclusión de la guía	16/9/2021	22/9/2021	7 Días												■	■																
Aplicación y validación de la guía																																
Aplicación en la ASADA de Guayabal	23/9/2021	3/10/2021	10 Días																													
Aplicación en la ASADA de Tronadora	4/10/2021	14/10/2021	10 Días																													
Comparación de ambas guías elaboradas	15/10/2021	21/10/201	6 Días																													
Modificación y ajustes finales a la guía	21/10/2021	25/10/2021	4 Días																													
Resultados obtenidos																																
Análisis de resultados	26/10/2021	1/11/2021	5 Días																													
Discusión de los resultados	2/11/2021	7/11/2021	5 Días																													
Conclusiones	7/11/2021	8/11/2021	1 Día																													
Recomendaciones	8/11/2021	9/11/2021	1 Día																													
Disposiciones finales																																
Revisión por parte del supervisor	10/11/2021	16/11/2021	6 Días																													
Revisión por parte del coordinador de carrera	10/11/2021	16/11/2021	6 Días																													
Revisión por parte del lector	10/11/2021	16/11/2021	6 Días																													
Correcciones finales	17/11/2021	18/11/2021	1 Día																													
Presentación Final																																
Elaboración de la presentación	18/11/2021	19/11/2021	1 Día																													
Defensa del proyecto final de graduación	22/11/2021	3/12/2021	2 Semanas																													

Fuente: propia de la investigación, (2021).

Capítulo 6. Resultados y análisis de datos obtenidos

En este capítulo se presentan los resultados y análisis de los datos obtenidos en el desarrollo del proyecto. Dichos resultados muestran los aspectos abordados a lo largo de la realización del proyecto.

6.1 Resultados cualitativos

El objetivo de los resultados cualitativos fue obtener la información necesaria de los procesos que ejecutan las ASADAS y plasmarlo en la guía.

Las técnicas que se llevaron a cabo para la recolección de los datos cualitativos se detallan a continuación:

6.1.1 Reuniones virtuales

La obtención de datos cualitativos se llevó a cabo mediante reuniones virtuales bajo la plataforma de Teams (ver marco teórico) con miembros de las ASADAS seleccionadas para los casos de estudio (Guayabal de Santa Cruz y Tronadora de Tilarán). Las reuniones no presenciales o 'virtuales' ofrecen la posibilidad de tratar temas y discutir sobre asuntos de trabajo por medio de un simple canal de comunicación, como pueden ser las video-llamadas o llamadas de audio (TECUN, s.f, p.3).

Se realizaron dos reuniones virtuales con cada una de las ASADAS, en las distintas reuniones se realizaron consultas a los actores claves, para la valoración de temas tales como; la aceptación social del proyecto (prefactibilidad social), las necesidades, prioridades y áreas de mejora para cada una de las ASADAS, con la finalidad de incluirlo dentro de los aspectos más relevantes de la guía para la elaboración del manual de operación y mantenimiento.

Se pudo constatar la necesidad de tener documentada todas las actividades de operación y mantenimiento que realizar, para poder tener un mayor control y manejo de recurso hídrico.

6.1.2 Aplicación de encuestas

Cabe recalcar, que además de las reuniones se realizó la aplicación de una encuesta bajo la plataforma de Google Formularios, en la cual se valoró la aceptación social del proyecto ante los beneficiarios directos y los actores estratégicos. La encuesta aplicada se encuentra en el anexo 2.

La aceptación social del proyecto fue de un 100% tanto de los beneficiarios directos como de los actores estratégico, por lo tanto, se procedió con el desarrollo del proyecto.

Toda la información correspondiente a la aplicación de encuestas se encuentra en el apartado 4.4 de estudios de prefactibilidad social.

6.1.3 Revisión bibliográfica

Se revisaron doce documentos en total, de los cuales seis corresponden a documentos nacionales y seis a internacionales. Estos documentos fueron una herramienta útil para desarrollar el contenido de la guía estratégica, además de establecer un panorama más amplio sobre la metodología a seguir durante el proceso.

Entre los documentos seleccionados se destacan guías, reglamentos y manuales los cuales contenían datos de interés relacionados a la aplicación de guías, cabe recalcar que la selección de estos documentos se llevó principalmente basándose en la lectura y análisis del resumen, tabla de contenidos y desarrollo. El proceso de llevar a cabo una revisión bibliográfica es una parte integral de la investigación. Si bien esta puede ser considerada como su función principal, la revisión de la literatura es también una importante herramienta que sirve para informar y desarrollar la práctica (Silamani, 2015. p.1).

En el siguiente cuadro se muestran los documentos de revisión bibliográfica con los cuales se trabajó, dichos documentos se encuentran ordenados por nacionales o internacionales.

Cuadro 9. Documentos utilizados para llevar a cabo el desarrollo del proyecto.

Nacionales	Internacionales
Reglamento de normas técnicas y procedimientos para el mantenimiento preventivo de los sistemas de abastecimiento de agua	Guías técnicas de acueductos y alcantarillados de Colombia
Herramienta para generar bitácoras de ASADAS, AyA	Fontanería rural. Municipios menores y zonas rurales. Colombia
Guía básica elaboradas por el AyA	Guía técnica para la elaboración de manuales de procedimientos. Hidalgo-México
Guía técnica para el levantamiento de procedimientos y elaboración de manuales. MTSS	Guía técnica para la elaboración de manuales de procedimientos. México
Reglamento para la calidad del agua potable. No 38924-S	Operación y Mantenimiento de sistemas de agua potable. América Latina
Elaboración de un manual descriptivo de procedimientos para las áreas de bodega y taller de la empresa Ganaflor S.A	Propuesta de una guía para elaborar manuales de procesos de recursos humanos en una empresa dedicada al transporte público en la ciudad de Guatemala

Fuente: propia de la investigación, (2021).

6.1.4 Visitas de campo

El objetivo principal de las visitas de campo fue observar y analizar todo lo que respecta al funcionamiento y prestación de los servicios de las ASADAS en estudio para ser incluidos en la guía estratégica y posteriormente en los manuales de operación y mantenimiento. Las visitas de campo son muy importantes, ya que permiten definir y detectar con mayor precisión los problemas, así como descubrir datos valiosos omitidos durante las entrevistas o encuestas aplicadas (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-UAEH, 2016, p.5).

Los principales resultados cualitativos que se lograron constatar de las visitas de campo fueron los siguientes

- a) La distribución del servicio.

- b) El estado en el cual se encuentran las diferentes estructuras del sistema.
- c) Los peligros asociados a las estructuras del sistema.
- d) La realización de las actividades de operación y mantenimiento.
- e) El acceso a las diferentes partes del sistema.
- f) La función de cada una de las partes del sistema.
- g) Características específicas de las partes del sistema.
- h) Análisis que se llevan a cabo para la medición de la calidad del agua.
- i) Equipo para las actividades de operación y mantenimiento de las ASADAS.
- j) Documentación para llevar a cabo los reportes diarios.
- k) Entre otros.

En las figuras 9 y 10 se muestra la distribución del sistema de agua potable de las ASADAS en estudio y en las figuras 11 y 12 se muestran fotografías de las diferentes estructuras que componen el sistema de abastecimiento de agua potable de las ASADAS.

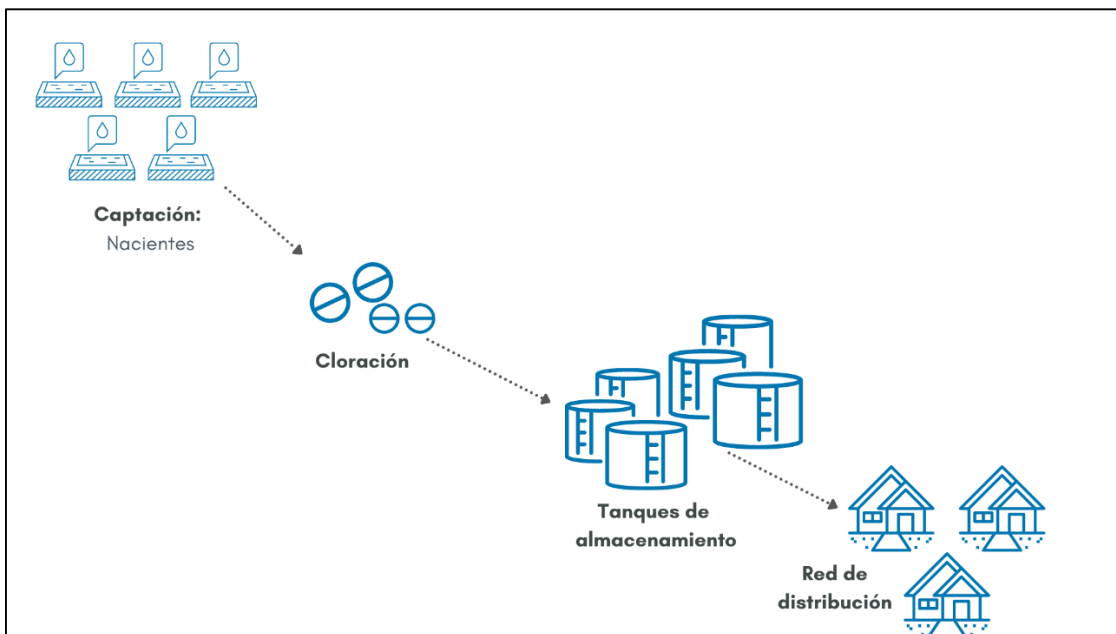


Figura 9. Distribución del sistema de la ASADA de Tronadora de Tilarán, Guanacaste, Costa Rica.

Fuente: propia de la investigación, (2021).

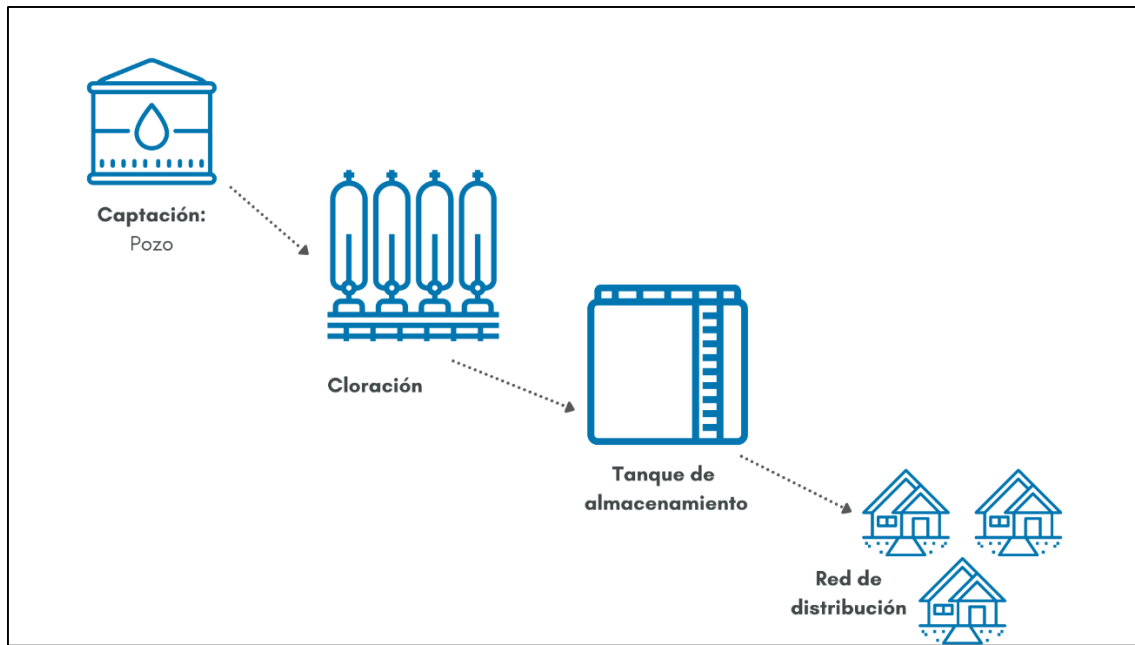


Figura 10. Distribución del sistema de abastecimiento de la ASADA de Guayabal de Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica.

Fuente: propia de la investigación, (2021).



Figura 11. Fotografías del sistema de abastecimiento de la ASADA de Tronadora de Tilarán a: nacimiento, b: sistema de cloración, c: tanques de plástico, d: cámaras de las nacientes, e: tanques de almacenamiento, f: bodega de la ASADA, g: tanque enterrado, h: tuberías de las nacientes.

Fuente: propia de la investigación, (2021).



Figura 12. Fotografías del sistema de abastecimiento de la ASADA de Guayabal de Santa Cruz. a: equipo eléctrico de bombeo, b: caseta del pozo, c: tanques de almacenamiento, d: sistema de cloración, e: tubería del pozo.

Fuente: propia de la investigación, (2021).

6.2 Resultados cuantitativos

Los métodos de recolección de información cuantitativa empleados fueron los siguientes:

6.2.1 Encuesta a los actores claves

El objetivo de esta investigación cuantitativa fue, traducir la información necesaria a un conjunto de preguntas abiertas y cerradas que los beneficiarios directos, es decir las ASADAS pudiesen responder y que producir la información deseada. Se practicaron encuestas a los actores claves (ASADA Tronadora de Tilarán y ASADA Guayabal de Santa Cruz), con el propósito de conocer el grado de satisfacción e importancia existente con el desarrollo del proyecto. Tal y como se mencionó anteriormente en los resultados cualitativos, todo lo referente a las encuestas se encuentra en el apartado 4.4 de prefactibilidad social del proyecto.

Este medio permite adquirir información más completa, ya que el entrevistador, al tener una relación directa con el entrevistado puede, además de recibir respuestas, documentar de una forma más completa el procedimiento (Secretaría de Relaciones Exteriores-SER, 2009, p.10).

6.2.3 Visitas de campo

Para la obtención de datos cuantitativos se llevó a cabo la medición de parámetros durante las visitas de campo a las ASADAS, en las cuales se tomaron datos de:

- ❖ Aforos.
- ❖ Cloro residual.
- ❖ Presiones.
- ❖ Volúmenes de tanques.
- ❖ Coordenadas geográficas.

Los parámetros mencionados se encuentran descritos en el capítulo 5 correspondiente a la metodología del proyecto.

Cabe recalcar, que fue necesario llevar a cabo un recorrido por todo el sistema de distribución de los casos de estudios seleccionados, además se tomó nota de las distancias existentes entre las partes del sistema, la cantidad de fontaneros con los cuales cuentan, las duraciones en la realización de las diferentes actividades, así como la frecuencia con la cual las realizan.

6.2.3.1 Aforos

Los datos de aforos fueron proporcionados por las ASADAS, debido a la complejidad de los sistemas y a factores como el tiempo no se llevó a cabo la medición in situ de este parámetro. Sin embargo, se pudo constatar mediante estudios los caudales de las fuentes de aprovechamiento.

En el siguiente cuadro se muestran las nacientes, así como su caudal correspondiente de la ASADA de Tronadora de Tilarán.

Cuadro 10. Caudales de las nacientes de la ASADA de Tronadora de Tilarán

Naciente	Caudal (l/s)
Los Álvarez	16
Yolanda Pérez	1.74
Trina Gutiérrez	1.05
Mario Fuentes	0.55
El silencio	1.05

Fuente: propia de la investigación, (2021).

En el cuadro 11, se observa el caudal correspondiente al pozo mediante el cual se abastece la comunidad de Guayabal de Santa Cruz, además, se muestra la profundidad del pozo.

Cuadro 11. Características del pozo de la ASADA de Guayabal de Santa Cruz

Pozo	Caudal (l/s)	Profundidad (m)
Pozo #1	5.52	28

Fuente: propia de la investigación, (2021).

Cabe recalcar que, en los sistemas de abastecimiento de agua y en el planeamiento que le sigue, el aspecto de la disponibilidad de fuentes es uno de los más importantes y de él dependen las demás decisiones que se adopten (Shipman, 1962. p.293).

Por lo tanto, este parámetro fue considerado de gran relevancia en el desarrollo del proyecto, además de ser incluido dentro del manual de operación y mantenimiento, ya que la información hidrométrica (caudales) permite lograr una mayor eficiencia en la programación, ejecución y evaluación del manejo integral del agua. (Organización Meteorológica Mundial, 2011; citado por Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático-ICC, 2017. p.2)

6.2.3.2 Cloro residual

La medida del cloro residual en un suministro de agua es un método simple pero importante para revisar si el agua que se suministra es segura para beber (OMS, 2009. p.2). Según el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, el valor alerta del cloro residual libre, es decir el remanente del cloro en el agua después de que fue añadido el cloro, es de 0.3mg/L

y su valor máximo admisible es de 0,6mg/L, sin embargo, el Reglamento señala que se permitirá valor máximo de cloro residual libre de 0,8 mg/L en no más del 20 % de las muestras medidas y en situaciones de emergencia calificadas como tal por el Ministerio de Salud se permitirá una concentración de cloro residual libre de 0,8 mg/L en los puntos de muestreo medidos en la red de distribución.

Las concentraciones de cloro residual fueron proporcionadas por la administración de la ASADA, y llevadas a cabo por los fontaneros. En el siguiente cuadro se observan los resultados de las concentraciones y las fechas en las cuales se realizaron los muestreos a la red.

Cuadro 12. Medición de cloro residual en las ASADAS

ASADA	Cloro residual libre (mg/L)	Fecha de muestreo
Tronadora de Tilarán	0.4	25/05/2021
	0.3	22/06/2021
	0.3	20/07/2021
Guayabal de Santa Cruz	0.5	24/05/2021
	0.5	15/06/2021
	0.5	15/07/2021

Fuente: propia de la investigación, (2021).

Según el cuadro anterior las concentraciones de cloro residual libre ambas ASADAS en estudios, se encuentra dentro del valor alerta y máximo admisible, por lo tanto, la calidad del agua cumple con las condiciones óptimas establecidas para el agua potable.

6.2.3.3 Presiones

Al igual que los parámetros anteriores estos resultados fueron proporcionados por la administración de la ASADA, con la finalidad de avanzar en las observaciones de campo debido a la complejidad de los sistemas. En el flujo de fluidos, es de vital importancia conocer la presión ya que con su conocimiento puede controlarse y medirse el flujo (Martin et al, 2011. p.3). Además, que mediante la medición de la presión se puede evidenciar la presencia de fugas en la red (tuberías).

En el siguiente cuadro se muestran las presiones en los diferentes puntos de las redes de las ASADAS.

Cuadro 13. Presiones en las redes de las ASADAS

ASADA	Presión (mca)	Sitio de muestreo
Tronadora de Tilarán	28	Medidor #15
	55	Medidor #320
	44	Medidor #98
Guayabal de Santa Cruz	39	Medidor #03
	42	Medidor #35
	39	Medidor #171

Fuente: propia de la investigación, (2021).

La norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento, de agua potable, de saneamiento y pluvial del AyA, establece que la presión estática máxima será de 50 metros columna de agua (mca) en el punto más bajo de la red, además, se permitirán en puntos aislados presiones de hasta de 70 mca cuando el área de servicio sea muy quebrada, y la presión dinámica de servicio no será menor de 15 mca en la interconexión con la red de distribución, en el punto crítico de la red.

Tal y como se observa en el cuadro 13, las presiones de las ASADAS en estudio, cumplen con los parámetros establecidos en la Norma Técnica. Además, se evidencia que no existe presencia de fugas en los sitios donde se llevó a cabo el muestreo.

6.2.3.4 Volúmenes de tanques

Se tomaron las medidas del largo, ancho y profundidad de los tanques de almacenamiento de las ASADAS, con la finalidad de cuantificar la capacidad de cada uno de ellos y plasmarlo en el manual de operación y mantenimiento. Para lo cual se obtuvo los siguientes resultados (cuadro 14):

Cuadro 14. Capacidad de los tanques de almacenamiento de las ASADAS

ASADA	Nombre del tanque	Capacidad (m3)
Tronadora de Tilarán	El Silencio	22
	El Alemán	54
	Vistas del Lago	65
	El Roble	93
	El Centro*	153
	Linda Vista	22
Guayabal de Santa Cruz	Tanque #1	216

Fuente: propia de la investigación, (2021).

*Posee dos tanques más, es decir son tres tanques en total.

La medición de la capacidad de tanques es necesaria, siempre que exista la presencia de líquidos almacenados. Los tanques de almacenamiento pueden contener grandes volúmenes de producto líquido que representan un valor significativo. El rendimiento de precisión de un sistema de medición de tanques es de gran importancia cuando se evalúa el contenido del tanque en cualquier momento (EMERSON, 2021. p.2).

6.2.3.5 Coordenadas geográficas

La toma de las coordenadas geográficas fue un parámetro de gran relevancia para establecer la ubicación de las diferentes estructuras de los sistemas de las ASADAS. Además, proveen la información necesaria para llevar a cabo un mapeo de las zonas de estudio. Mediante los mapeos de las zonas de estudio se proporciona información gráfica útil para la toma de decisiones en las ASADAS.

En el cuadro 15 se muestran las coordenadas geográficas que fueron tomadas mediante un GPS, durante las visitas de campo a la ASADA de Tronadora de Tilarán y el cuadro 16 corresponde a la ASADA de Guayabal de Santa Cruz.

Cuadro 15. Coordenadas geográficas de la ASADA de Tronadora de Tilarán.

Sistema	Norte	Este	Elevación (m.s.n.m)
Tanque El silencio	1159905.432	399995.221	774
Tanque El Alemán	1160967.926	400343.273	647
Tanque Vistas del Lago	1160139.640	400930.506	692
Tanque El Roble	1160035.150	399034.919	712
Tanque El Centro*	1160828.787	398953.447	634
Tanque Linda Vista	1160786.450	400634.602	669
Naciente Los Álvarez	1159517.204	401285.236	668
Naciente Yolanda Pérez	1159785.471	399783.189	832
Naciente Trina Gutiérrez	1158271.221	400378.335	825
Naciente Mario Fuentes	1159767.608	399887.608	770
Naciente El silencio	1158254.095	400396.084	810

Fuente: propia de la investigación, (2021).

Cuadro 16. Coordenadas geográficas de la ASADA de Guayabal de Santa Cruz.

Sistema	Norte	Este	Elevación (m.s.n.m)
Tanque	1132815.163	329991.478	66
Pozo	1134554.586	328544.035	47

Fuente: propia de la investigación, (2021).

Debido a la complejidad de los sistemas y las distancias existentes entre las diferentes estructuras únicamente se tomaron las coordenadas de las fuentes de aprovechamiento y tanques de almacenamiento de las ASADAS.

En las figuras 13 y 14 se muestran el mapeo de las zonas de estudio de la ASADA de Tronadora de Tilarán y la ASADA de Guayabal de Santa Cruz respectivamente.

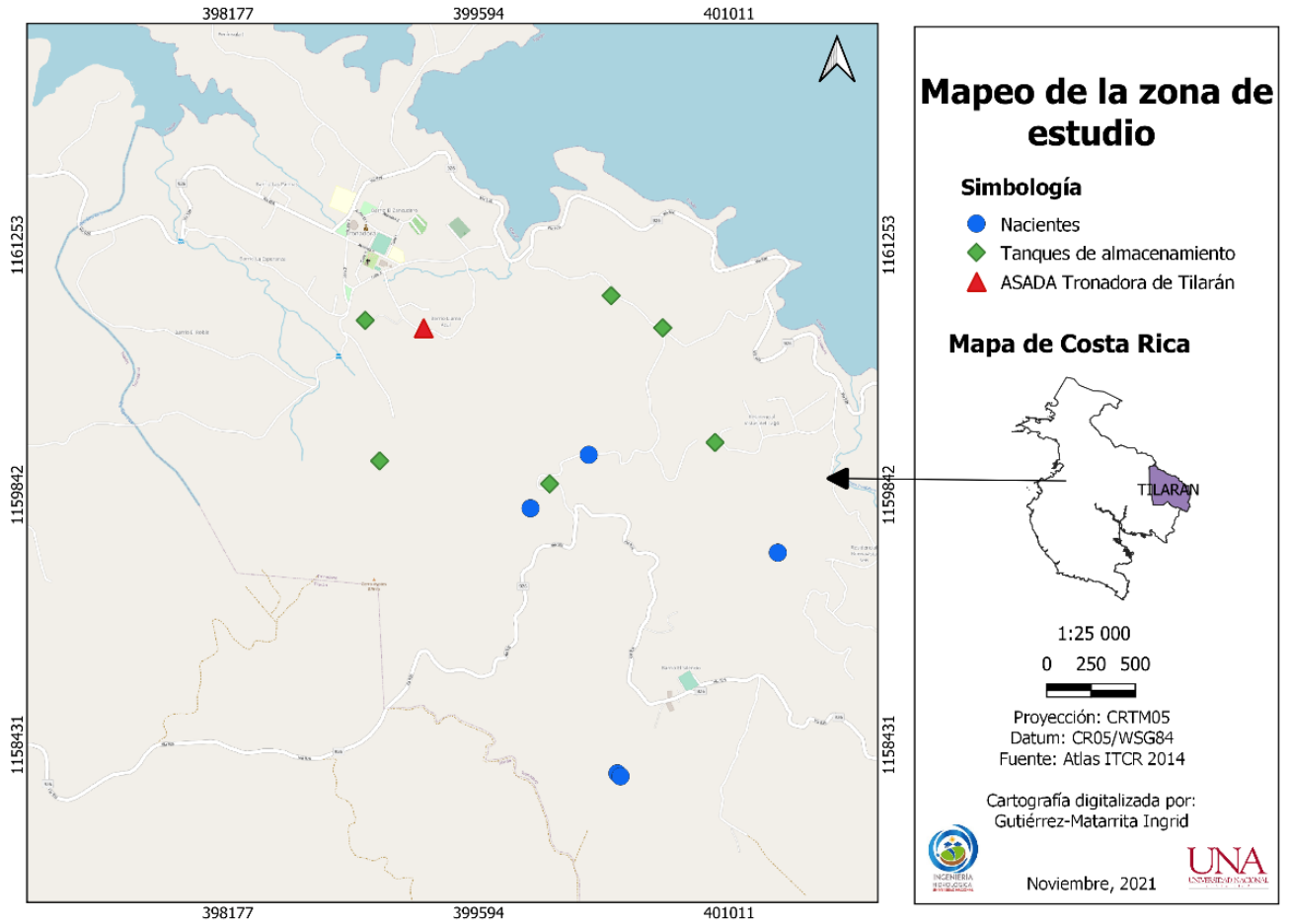


Figura 14. Mapeo de la zona de estudio de la ASADA de Tronadora de Tilarán.

Fuente: propia de la investigación, (2021).

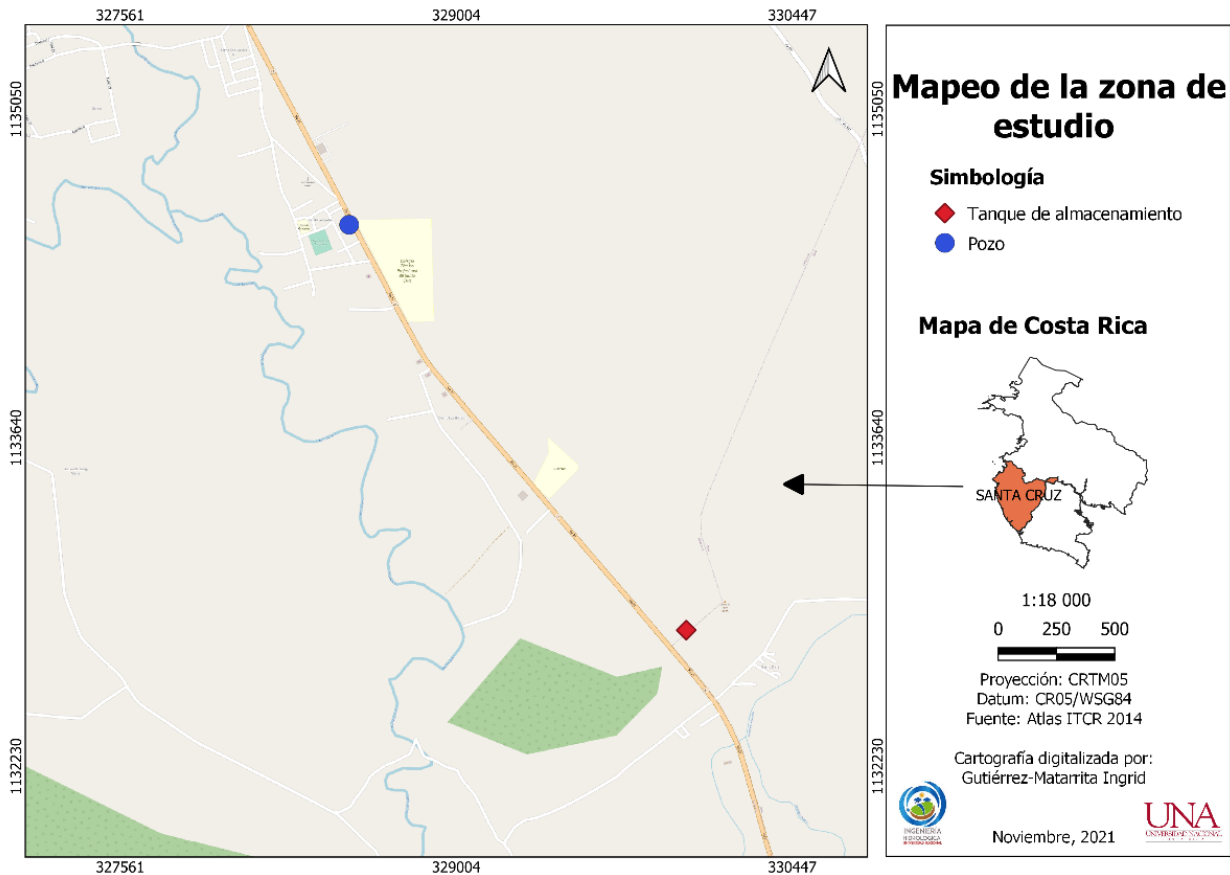


Figura 15. Mapeo de la zona de estudio de la ASADA de Guayabal de Santa Cruz.

Fuente: propia de la investigación, (2021).

6.3 Resultados del caso de estudio

La guía para la elaboración de manuales de operación y mantenimiento para ASADAS de la Región Chorotega, tiene la finalidad de explicar e informar cómo llevar a cabo la elaboración de un manual (ver anexo 4). Tiene una extensión de aproximadamente 133 páginas y se encuentra organizada por capítulos, los cuales se detallan a continuación:

- ❖ Capítulo I: Denominado descripción del sistema, dentro del cual se explica todo el proceso que se lleva a cabo desde la fuente de aprovechamiento hasta la red de distribución del agua potable.
- ❖ Capítulo II: Corresponde al programa de operación, es decir las actividades para llevar a cabo el funcionamiento del sistema.
- ❖ Capítulo III: Programa de mantenimiento, en el cual se hace énfasis en las actividades que se realizan para el mantenimiento del sistema.

- ❖ Capítulo IV: Seguridad del agua, hace énfasis en los análisis y riesgo dentro del sistema.
- ❖ Capítulo V: Se encuentra la medición de parámetros físico-químicos y toma de muestras que deben realizarse en el sistema.
- ❖ Capítulo VI: Se establecen los anexos, tales como: formatos e instructivos utilizados como bitácoras diarias para la operación y mantenimiento del acueducto.

De los resultados más relevantes de la aplicación, se destaca la importancia de realizar visitas de campo para observar las diversidades con las cuales funcionan las ASADAS, además de poseer un conocimiento previo sobre lo que se va a desarrollar y como se lograra.

Cabe recalcar, que al realizar una guía se debe tener precisión y exactitud para el desarrollo de su contenido, con la finalidad de que el lector pueda comprender fácilmente y ejecutarlo de la mejor manera.

6.4 Discusión de principales hallazgos

Durante las visitas de campo, así como en la redacción de la guía se pudieron observar algunos hallazgos, así como sus implicaciones en los objetivos, factibilidad del proyecto, diseño metodológico y éticamente. Los principales hallazgos que se encontraron fueron:

1. Evidencia de inestabilidad de los terrenos aledaños a las nacientes, como, por ejemplo, deslizamientos de taludes y asentamientos diferenciales observables en campo: este hallazgo tiene implicaciones en el diseño metodológico, porque en la guía no se contemplaban riegos asociados a las nacientes, además de implicaciones éticas y morales debido a que el agua potable es un bien de interés público, por lo tanto, se debe mantener el servicio brindando agua potable en cantidad y calidad.
2. Los accesos terrestres a las captaciones de las fuentes de aprovechamiento (nacientes) se encuentran obstruidos y en mal estado, presentando árboles caídos, densa cobertura de soto bosque, con altas pendientes y superficies abnegadas con escorrentías superficiales; lo cual implica una compleja operación y mantenimiento de la naciente y altos riesgos en la calidad y continuidad del servicio: este hallazgo va en favor de la factibilidad técnica, ya que proporciona una mejor evaluación técnica del servicio, sin embargo, tiene implicaciones morales debido a que el agua

potable es un bien de interés público y la ASADA debe garantizar condiciones adecuadas operativas con el fin de mantener la cantidad y calidad del servicio.

3. Inexistencia de pasos de elevación, las tuberías se encuentran sujetadas mediante cables de acero y cuerdas, e incluso ancladas a arboles los cuales presentan inestabilidad en el terreno sobre el cual se ubica. Esta situación imposibilita que se lleven a cabo actividades de operación y mantenimiento en las tuberías que se encuentran bajo estas condiciones: este hallazgo genera un aporte a los objetivos y a los conceptos abordados dentro de la guía, sobre las tuberías. Sin embargo, cabe recalcar que en primera instancia no se contemplaban los pasos de elevación dentro de la estructura de la guía. El no contar con pasos de elevación tiene implicaciones éticas, ya que la ASADA debe brindar un servicio de calidad y cantidad a sus abonados, y esta situación impide que se desarrollen actividades para asegurar el recurso hídrico, además, que pone en riesgo la integridad de los funcionarios de la ASADA.
4. Se logró constatar que no se hace uso de las válvulas de aire o ventosas, en su lugar se colocan “válvulas hechizas o caseras”, es decir que válvulas construidas con materiales reciclables, y de bajos estándares de calidad como, por ejemplo; colocación de piezas pequeñas de madera, sobrantes de tuberías de PVC en menor diámetro, uso de bolsas plásticas como tapones y realización de orificios a la tubería, entre otros: este hallazgo aporta recomendaciones que se pueden realizar en la guía para las ASADAS, en cuanto al diseño metodológico. Tiene implicaciones éticas y morales debido a que se debe garantizar el recurso hídrico en cantidad y calidad, ya que es un bien de interés público, y este tipo de válvulas pueden repercutir en la calidad del servicio.
5. Falta de instalación de macro medidores en las redes de distribución y conducción para medir y registrar el volumen de agua que pasa por esa sección, además de poder contabilizar el ANC, de esta manera garantizar una respuesta temprana de posibles fugas y en la toma de decisiones futuras: este hallazgo aporta a las necesidades y áreas de mejora que pueden llevarse a cabo en las ASADAS, mediante el diseño metodológico. Éticamente las ASADAS deben garantizar el agua potable en calidad y cantidad a sus abonados, debido a que es un bien de interés público.

6.5 Discusión sobre objetivos planteados

Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto se plantearon cuatro objetivos específicos y uno general. A continuación, se presentan los objetivos específicos y si se lograron abordar durante la ejecución del proyecto.

6.5.1 Objetivos específicos:

1. Recopilar información de campo y realizar una revisión de literatura sobre buenas prácticas en operación y mantenimiento de entes operadores de acueductos de agua potable de la Región Chorotega.
2. Identificar los parámetros e indicadores más relevantes para la optimización de la operación y mantenimiento de entes operadores de acueductos de agua potable de la Región Chorotega.
3. Diseñar una guía estratégica de referencia para que los entes operadores de acueductos de agua potable de la Región Chorotega puedan realizar su propio manual de operación y mantenimiento.
4. Aplicar la guía en casos de estudios seleccionados para realizar los ajustes y validación de la guía.

Todos los objetivos específicos anteriormente transcritos del capítulo 1, pudieron ser llevados a cabo, es decir que se logró abarcar cada uno de ellos. Cabe recalcar que cada uno fue de gran relevancia para poder plantear las secciones de la guía, llevar a cabo la recolección de los datos, desarrollar la guía y aplicarla en los casos de estudios seleccionados. Además, que responden a las preguntas de investigación planteadas para poder desarrollar el proyecto.

Es importante resaltar que el orden en el cual fueron abarcados los objetivos específicos, aporó a que se pudiese cumplir con el cronograma establecido en el apartado 5 de la metodología.

6.5.2 Objetivo General:

Diseñar una propuesta de guía para el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado, con la finalidad de que los entes operadores que atiende la oficina regional de Acueductos Comunes de la Región Chorotega puedan realizar su propio manual de

operación y mantenimiento y además aplicar la guía en ASADAS de la región chorotega: este objetivo fue abarcado en su totalidad, en el anexo 1, se puede observar la propuesta de la guía que se realizó. El abordaje de este objetivo fue de suma importancia ya que en él se centra el desarrollo del proyecto, lograr abordar este objetivo significa un correcto desarrollo de los objetivos específicos para lograr la idea central del proyecto.

6.6 Discusión sobre el diseño experimental propuesto

El diseño experimental propuesto para llevar a cabo el desarrollo de una guía para la elaboración de un manual de operación y mantenimiento de ASADAS fue de gran relevancia en el desarrollo del proyecto. Dicho diseño cumplió con las expectativas, además de que se logró cumplir con los objetivos propuestos y la finalización del proyecto.

Según el cronograma la duración de la ejecución del proyecto es de alrededor de 4 meses, si bien se logró abordar durante este periodo, se puede considerar extenderlo para optimizar el procedimiento, para futuros estudios.

Cabe recalcar, que es necesario llevar a cabo todo el procedimiento metodológico de principio a fin, para evitar discrepancia en los resultados.

Del diseño experimental propuesto para el desarrollo del proyecto se destaca lo siguiente:

- ❖ La revisión de literatura es una herramienta fundamental en el desarrollo, ya que permite realizar la construcción del marco analítico, es decir todo lo que se contemplan dentro de la guía, además de brindar ideas para el desarrollo metodológico, mediante la comparación de estudios.
- ❖ La observación cualitativa, es de gran importancia para la obtención de información necesaria, sin embargo, la cantidad de visitas debe ser valorado según la magnitud del sistema de distribución de cada ASADA y, además, deben realizarse en fechas y horarios donde no se interrumpan actividades importantes.
- ❖ Es importante que la persona que desarrolle el proyecto, prepare con anticipación las interrogantes a desarrollar, es decir que anote que información desean recaudar y que preguntas van a desarrollar. En el anexo 1, se muestra el documento desarrollado para llevar a cabo el levantamiento de todos los datos necesarios.

- ❖ Es necesario documentar mediante fotos todo lo que se observa en campo, debido a que la mente humana puede ser volátil y de acuerdo con el procesamiento de la información puede llegar a obviarse algún dato importante (Preciado, 2020. p.54).
- ❖ Las encuestas aplicadas previamente fueron un paso complementario para desarrollar el contenido de la guía, sin embargo, se debe aplicar dicha encuesta en más actores estratégicos, como miembros líderes de la comunidad, miembros de asociaciones comunales, entre otros, para valorar la respuesta de los diferentes actores claves en el desarrollo del proyecto.

6.7 Conclusión

En síntesis, el diseño propuesto es ideal para llevar a cabo el desarrollo del proyecto, sin embargo, pueden realizarse cambios o mejoras en las distintas fases estipuladas en el capítulo 5 que corresponde a la metodología, según sea conveniente. Además, cabe recalcar que los objetivos fueron abordados en su totalidad.

Con vistas a lo anterior se exponen las conclusiones en el siguiente capítulo.

Capítulo 7. Conclusiones

Este capítulo corresponde a la sección final del reporte del proyecto realizado, donde se exponen las conclusiones y recomendaciones de este.

Las conclusiones se van a subdividir de la siguiente manera:

7.1. Conclusiones generales

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, se concluyó que:

1. Los datos cualitativos y cuantitativos recolectados durante la ejecución del proyecto, fueron de gran importancia para el desarrollo de los diferentes capítulos presentes en la guía estratégica, proporcionando la información precisa y exacta.
2. Se recopiló la información más relevante sobre las actividades de operación y mantenimiento de acueductos de agua potable en la Región Chorotega, con la finalidad de implementarla de manera correcta en la guía estratégica para la elaboración del manual.
3. La realización de sesiones virtuales con los diferentes actores claves del proyecto, permitió recabar toda la información necesaria sobre las problemáticas, necesidades y áreas de mejoras de las ASADAS.
4. Se analizaron y documentaron los procedimientos más relevantes que se llevan a cabo en las ASADAS, mediante las visitas de campo que se realizaron a los estudios de casos seleccionados.
5. Para el desarrollo de los capítulos de la guía estratégica fue necesario implementar las actividades, variables e indicadores estipulados en los siguientes reglamentos: Reglamento de Calidad de Agua Potable y Reglamento de Normas Técnicas y Procedimientos del AyA.

7.2 Aplicación de la guía

De la aplicación de la guía se resalta lo siguiente:

1. La guía estratégica para la elaboración de manuales de operación y mantenimiento de acueductos potables favorece la realización de las actividades y la gestión del recurso hídrico que se llevan a cabo, ya que contiene todos los elementos e indicaciones necesarias para su respectiva realización.

2. Se definió que las secciones que debe contener la guía estratégica son: sistema de distribución, actividades de operación, manteamiento, seguridad del agua, análisis de parámetros físico-químicos y anexos.
3. Se logró determinar las generalidades de la guía estratégica con el fin de proporcionarle a las ASADAS de la Región Chorotega una herramienta que contengan toda la información correspondiente a las actividades de operación y mantenimiento de acueductos de agua potable.
4. La guía estratégica se diseñó y estructuró bajo la siguiente metodología; revisión de literatura, selección de parámetros para la guía, construcción de un marco analítico de la guía, visitas de campo, integración de datos cualitativos y cuantitativos, realización de la guía, validación de la guía, ajustes o modificaciones, conclusiones y recomendaciones.

7.3 Hallazgos

Las principales conclusiones de los hallazgos son las siguientes:

1. Existe inestabilidad en los terrenos aledaños a las nacientes, las cuales pueden provocar que se vea interrumpido el servicio de la ASADA, (lo que también implica a tipificación de un riesgo en la captación de agua con respecto a la guía propuesta en este estudio).
2. Se evidencia una compleja operación y mantenimiento de la naciente debido a la dificultad que presentan los accesos terrestres hacia las nacientes.
3. La falta de pasos elevados en las ASADAS, imposibilita que se lleven a cabo las operaciones de mantenimiento y operación en ciertas zonas, además de que pone en riesgo la integridad de los funcionarios de la ASADA, debido a que estas estructuras proporcionan seguridad y garantizan que el servicio se brinde de la mejor manera.
4. Se logró constatar que existe una falta de instalación de válvulas de aire o ventosas en las redes de distribución y conducción, las cuales permitan que se libere el aire en las tuberías, con el fin de evitar datos en el sistema de distribución de agua potable.

5. Se comprobó la falta de macro medidores en las redes de distribución y conducción para medir y registrar la cantidad de volumen de agua que pasa, además de contabilizar el ANC para poder dar una respuesta temprana a la atención de fugas y la toma de decisiones.

En la próxima sección se indican las recomendaciones asociadas a las conclusiones previamente indicadas y se encuentran distribuidas bajo el mismo orden en el cual se encuentran las conclusiones.

Capítulo 8.

Recomendaciones

Esta sección está asociada para cada conclusión hay una recomendación que se exponen de la siguiente manera:

8.1 Recomendaciones generales

Según los resultados obtenidos en el estudio, se recomienda lo siguiente:

1. Evaluar y actualizar el contenido de la guía estratégica propuesta de acuerdo con las necesidades, áreas de mejoras y problemáticas de las ASADAS.
2. Es necesario que la guie estratégica este dirigida a para todas las personas, y en especial a quienes hagan uso del manual. Además, es necesario que los responsables de las ASADAS realicen una revisión y validación del manual cada 6 meses o un año.
3. Se deben llevar a cabo más sesiones virtuales con diferentes actores claves en el proyecto, con el fin de recaudar más información que se utilice para obtener resultados favorables en beneficio del desarrollo de la guía.
4. Las visitas de campo deben realizarse en horarios y fechas en las cuales no se interrumpa las actividades que se ejecutan diariamente en las ASADAS y el servicio.
5. Es necesario que se realice una revisión y actualización cada año de los reglamentos que se encuentran estipulados en la guía estratégica y hacen énfasis en la gestión del recurso hídrico.

8.2. Aplicación de la guía estratégica

Se recomienda según la realización y aplicación de la guía estratégica lo siguiente:

1. Es importante que las ASADAS apliquen la guía para con un manual de operación y mantenimiento, con la finalidad de poder brindar a sus abonados un servicio de calidad, además de garantizar en cantidad el recurso hídrico mediante el logro de competitividad, rentabilidad y sobre todo para la planificación estratégica del recurso.
2. Se recomienda que en estudios futuros se apliquen las mismas secciones que se diseñaron, con la finalidad de que exista congruencia y una estructura definida de la información documentada.

3. Es fundamental que la institución a cargo de la guía realice una divulgación de la guía para su respectiva aplicación, mediante capacitaciones, redes sociales y contenidos de multimedia de forma adecuada y sencilla.
4. Es importante implementar la estructura metodológica, bajo la cual se diseñó la guía, para controlar y verificar que la guía se está realizando de forma adecuada.

8.3 Hallazgos

Según los hallazgos observados durante el desarrollo del proyecto, se recomienda:

1. Valorar geotécnicamente las condiciones del terreno para identificar infraestructura hidráulica adecuada con el fin de proteger las nacientes y garantizar la continuidad en el servicio público de la ASADA.
2. Construir y habilitar accesos terrestres hacia las nacientes, en primera instancia construir un acceso tipo sendero.
3. Se deben reemplazar las estructuras que sostienen las tuberías en suspensión, por la construcción de pasos elevados.
4. Realizar una inversión para instalar válvulas de aire o ventosas en puntos críticos de las redes de conducción y mantenimiento, para evitar daños en las infraestructuras y garantizar una respuesta rápida ante posibles acontecimientos.
5. Instalar macro medidores en diferentes puntos de las redes tanto de conducción como de distribución, para contabilizar el ANC y poder brindar un servicio de calidad.

En síntesis, este estudio se puede replicar en cualquier ASADA del territorio nacional, siempre y cuando se tomen las consideraciones necesarias, ya que la guía sirve como base para desarrollar estudios similares o comparativos y mejoras en los manuales existentes.

Referencias bibliográficas

- Acuerdo de La Comisión Plenaria, (2016). Modificación al artículo 7 de la Resolución NO. 2373-2016-SETENA. Recuperado de: <http://www.setena.go.cr/Downloads/documentos/Normativa/RES-1462-2018.pdf>
- Ávalos M, Ávalos M & Piñas M, (2018). Microsoft® Excel® 2016 - Nociones básicas. Recuperado de: <http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2019-09-19-145302-80%20Excel%202016%20Nociones%20basicas.pdf>
- Álvarez, Y & Conesa, C. (2018). Georreferenciación de documentos cartográficos históricos para el análisis del trazado fluvial del bajo segura, vega media (Murcia, España). *GeoFocus* (Artículos), nº 21, p. 101- 118. ISSN: 1578-5157 <http://dx.doi.org/10.21138/GF.536>.
- Autónoma del Estado de Hidalgo-UAEH. (2016). Guía técnica para la elaboración de manuales de procedimientos. *Dirección General de Planeación. Dirección de Gestión de la Calidad*. Recuperado de: https://www.uaeh.edu.mx/calidad/docs/calidad/guia_manual_procedimiento.pdf
- Basán, M. (2008). Curso de “Aforadores de corrientes de agua”. INTA-EEA Santiago del Estero. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_curso_aforadores_de_agua.pdf
- Castro, D & Ulate, C. (2014). Planificación del recurso hídrico en asadas y el agua como derecho humano. *Perspectivas Rurales. Nueva época, Año 14, N° 27, ISSN: 1409-3251*
- Cerdas, J. (2011). “Análisis del marco legal para la administración del agua de consumo humano por parte de las asociaciones administradoras de sistemas de acueductos y alcantarillados comunales”. Recuperado de: <https://ijj.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/2017/06/Analisis-del-marco-legal-para-la-administracion-de-agua-de-consumo-humano.pdf>
- Cohen, E & Franco, R. (1999). Evaluación de proyectos sociales. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/1915/S3092C678E_es.pdf
- Coordinación Universitaria de Observatorios Metropolitanos (CUOM), (2013). Manual operativo para la utilización del sistema de información geográfica Quantum GIS 1.8. Recuperado de: <https://www.uv.mx/cuo/files/2013/05/Manual-QGIS-CUOM.pdf>

- Decreto Ejecutivo No 32327-S, (2005). Reglamento para la Calidad del Agua Potable
- Decreto Ejecutivo No. 32529-S-MINAE, (2020). Reglamento de las asociaciones administradoras de sistemas de acueductos y alcantarillados comunales. Recuperado de: <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Reglamento%20de%20ASADAS.pdf>
- Díaz, L & Quintana, I. (2009). Factores para evaluar la viabilidad de proyectos de conservación de edificaciones esenciales, no productivas, en zonas sísmicas. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46713055003.pdf>
- Castro, D. (2014). Planificación del recurso hídrico en ASADAS y el agua como derecho humano. Perspectivas Rurales. Nueva época, Año 14, N° 27, ISSN: 1409-3251
- Duhalt, K. (1977) Los manuales de procedimientos en las oficinas públicas. UNAM, México.
- EMERSON, (2021). La guía del ingeniero para la medición de tanques. Recuperado de: <https://www.emerson.com/documents/automation/gu%EDa-la-gu%EDa-de-inicio-r%Elpido-del-ingeniero-para-la-medici%F3n-de-tanques-rosemount-es-es-4261176.pdf>
- Escobar, D., Díaz, S., Jojoa, L., Rudas, E., Albarracín, R., Ramírez, C., Gómez, J., López, C & Saavedra, J. (2015). Georreferenciación de localidades: Una guía de referencia para colecciones biológicas. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. 95 p. Recuperado de: <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9610/1224%20Protocolo.pdf;sequence=6>
- Estrategia Integral de Prevención para la Seguridad Pública, (2019). Análisis cantonal de Tilarán. Recuperado de: https://www.seguridadpublica.go.cr/cronograma_de_implementacion/sembremos_seg/informes/sembremos_seguridad/2019/Tilaran/INFORME%20FINAL-SEMBREMOS%20TILARAN.pdf
- Fallas, V. (2014). Evaluación, caracterización de fuentes de agua y proyecciones del sistema de abastecimiento de agua de Agujitas, Cantón de Osa. Tesis. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

- Fernández, P & Díaz, S. (2002). Investigación cuantitativa y cualitativa. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario-Universitario Juan Canalejo. Recuperado de: https://www.fisterra.com/mbe/investiga/cuanti_cuali/cuanti_cuali2
- Figuroa, G. (2005). La metodología de elaboración de proyectos como una herramienta para el desarrollo cultural. *Serie Bibliotecología y Gestión de Información N°7 septiembre, 2005*. Recuperado de: http://eprints.rclis.org/6761/1/serie_7.pdf
- González, A. (s.f). Manual de mantenimiento preventivo y correctivo. Instalaciones y equipos de Universidad Francisco Gavidia. Recuperado de: https://www.academia.edu/22645833/MANUAL_DE_MANTENIMIENTO_PREVENTIVO_Y_CORRECTIVO
- González, C & Vilaboa, R. (2010). Informe final de investigación tendencias del desarrollo en el cantón de Santa Cruz, Guanacaste. PERIODO 1979-2009. Recuperado de: <https://www.uned.ac.cr/extension/images/ifcmdl/213/CONTENIDO.pdf>
- Guevara, S. (s.f). Convenios de delegación. Personería jurídica. Recuperado de: <https://www.aya.go.cr/ASADAS/Leyes%20y%20reglamentos/CONVENIOS%20DE%20ELEGACION.pdf>
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), (s.f). Guía rápida. Medición y monitoreo de la presión en redes de distribución de acueductos rurales. Recuperado de: <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Guia%20medicion%20presion%20ASADAS.pdf>
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) (s.f). Manual informativo Aspectos básicos para la gestión de las nuevas Juntas Directivas de las ASADAS. <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Aspectos%20B%C3%A1sicos%20de%20las%20ASADAS.pdf>
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), (2020). Informe Técnico - Administrativo - Financiero del Acueducto de El Silencio de Tilarán para Integración o Fusión con la ASADA Tronadora de Tilarán.

- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), (2020). Informe Técnico, Administrativo y Financiero para convenio de delegación, ASADA Guayabal.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) & Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), (2015). Política de organización y fortalecimiento de la gestión comunitaria de los servicios de agua potable y saneamiento. Recuperado de: <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Pol%C3%ADtica%20de%20ASADAS.pdf>
- Instituto de Desarrollo Rural (Inder), (2016). Caracterización: Territorio Santa Cruz-Carrillo. Recuperado de: <https://www.inder.go.cr/santacruz-carrillo/Caracterizacion-territorio-SantaCruz-Carrillo.pdf>
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC), (2017). Manual de medición de caudales. Guatemala. Recuperado de: <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medici%C3%B3n-de-caudales-ICC.pdf>
- López, P. (2004). Artículo: Población muestra y muestreo. *Versión On-line* ISSN 1815-0276. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012
- Marín, J. (2001). Estudio para rehabilitar el sistema de medición y control de tanques de almacenamiento de la refinería Esmeraldas. Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9178/3/T1825.pdf>
- Martin, I., Salcedo, R & Font, R. (2011). mecánica de fluidos. Tema1. Flujo interno de fluidos incompresibles y compresibles. Recuperado de: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/1/tema1_Flujo%20interno.pdf
- Martínez, R. (1998). Los proyectos sociales: de la certeza omnipotente al comportamiento estratégico. Naciones Unidas Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/45620318.pdf>
- Meneses G, (2007). Diseño y fases de la investigación. Universitat Rovira I Virgili. NTIC, Interacción y Aprendizaje en la Universidad.

- Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, (s.f). Dirección Nacional de Extensión Agropecuaria. Caracterización del área de influencia de la agencia de extensión agropecuaria. Recuperado de: <http://www.mag.go.cr/regiones/chorotega/CARACTERIZACION-AEA-TILARAN.pdf>
- Molina, D. (2011). Evaluación de la cobertura y calidad de la desinfección en los acueductos comunales de la provincia de Cartago. Universidad de Costa Rica.
- Obando J, Mora E, Liévano L, Hernández M & Cárdenas D, (2019). La calidad del agua y su impacto social. *Vol. 40 (N° 43) Año 2019*. Pág. 13. Recuperado de: <https://www.revistaespacios.com/a19v40n43/a19v40n43p13.pdf>
- Organización Mundial de la Salud-OMS. (2009). Guías técnicas sobre saneamiento, agua y salud: Medición del cloro residual en el agua. Recuperado de: <http://www.disaster-info.net/Agua/pdf/11-CloroResidual.pdf>
- Organización Panamericana de la Salud, (2013). Guía rápida para la vigilancia sanitaria del agua. Acciones para garantizar agua segura a la población. Santo Domingo, D.N.: OPS, 2013. Recuperado de: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/4341/Guia_para_la_vigilancia_del_agua_VE_RSION_WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pelekais, C. (2000). Métodos cuantitativos y cualitativos: diferencias y tendencias. *Telos Vol. 2 (2): 347-352, 2000*.
- Programas Operativos FEDER y Fondo de Cohesión. (2009). Guía Metodológica de las Evaluaciones Operativas de los Programas Operativos FEDER y Fondo de Cohesión, 2007-2013. Recuperado de: https://www.quasarconsultores.com/Documentacion_referencia/2007-2013/FEDER/Evaluacion_Planes_Comunicacion/Guia_Eval_Operativa_FEDER_FC.pdf
- Pole, K. (2009). "Diseño de metodologías mixtas. Una revisión de las estrategias para combinar metodologías cuantitativas y cualitativas". En Renglon, revista arbitrada en ciencias sociales y humanidades, núm.60. Tlaquepaque, Jalisco: ITESO. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/47243752.pdf>

- Rincón, S & Mujica, N. (2014). Evaluación desde la perspectiva de los beneficiarios del impacto del Programa Barrio Adentro II en el estado Zulia. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/676/67635359007.pdf>
- Rojas, B. (2011). Elaboración de un Manual Descriptivo de Procedimientos para las Áreas de Bodega y Taller de la Empresa Ganaflore S.A. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Recuperado de: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2834/Elaboraci%C3%B3n%20de%20un%20Manual%20Descriptivo%20de%20Procedimientos%20para%20las%20%C3%81reas%20de%20Bodega%20y%20Taller%20de%20la%20Empresa%20Ganaflore%20S.A.%20%20TOMO%20I.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez A, (2014). "Propuesta de manual de procedimientos para la Dirección Administrativa del Instituto de Auditores Internos de Costa Rica (IAI-CR) ". Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Sapag, N., Sapag, R & Sapag, J. (2014). Preparación y evaluación de proyecto. *Sexta edición. McGraw-Hill/INTERAMERICA EDITORES, S.A DE C.V.*
- Secretaría de Relaciones Exteriores-SER. (2009). Guía técnica para la elaboración de manuales de procedimientos. *Dirección General de Programación, Organización y Presupuesto*. Recuperado de: <https://sre.gob.mx/images/stories/docnormateca/dgpop/guias/guia01.pdf> Universidad
- Secretaría Técnica del CAN, (2018). Programa Integral de Abastecimiento de Agua para Guanacaste – Pacífico Norte (PIAAG). Recuperado de: http://www.da.go.cr/wp-content/uploads/2018/04/Informe-Final_PIAAG-Version-Digital-Abril-2018.pdf
- Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), (1991). Manual de mantenimiento. Sistema de Bibliotecas SENA. Recuperado de: https://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/pdf/Manual_de_Mantenimiento.pdf
- Shipman, H. (1962). Importancia de la información hidrológica en el planeamiento, diseño y operación de obras de saneamiento.

- Silamani, J. (2015). Utilidad y tipos de revisión de literatura. Ene. vol.9 no.2 Santa Cruz de La Palma 2015. *Recuperado de:* <https://dx.doi.org/10.4321/S1988-348X2015000200002>
- Suarez, A., Baldioceda, A., Duran, G., Rojas, J., Rojas, D & Guillén, A. (2019). Seguridad hídrica: Gestión del agua en comunidades rurales del Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)*. *Recuperado de:* <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rca/v53n2/2215-3896-rca-53-02-25.pdf>
- TECUN. (s.f). Manual de protocolo para reuniones virtuales. *Recuperado de:* <http://www.cads.com.gt/manuales/MANUALES%20HERRAMIENTAS%20DE%20COMUNICACION%20VIRTUAL/Manual%20de%20Protocolo%20para%20Reuniones%20Virtuales.pdf>
- Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, (2016). Guía técnica para la elaboración de manuales de procedimientos. *Recuperado de:* https://www.uaeh.edu.mx/calidad/docs/calidad/guia_manual_procedimiento.pdf
- Viquez, H. (2018). Gestión del recurso hídrico para la sostenibilidad en el marco de la gobernabilidad y la participación en San Pedro de Barva, Heredia, Costa Rica. Tesis. *recuperado de:* https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14862/TFG_Hilda%20V%C3%ADquez%20Mora.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Zúñiga, H. (2006). Caracterización hidrogeológica del acuífero Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. *Recuperado de:* <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/874/1/26901.p>

Anexos

Anexo 1. Instrumentos utilizados para la recolección de datos en campo

Fecha:

Nombre del acueducto: _____

Información de la zona:

Cantón:	Distrito:	Fecha:
Coordenadas	Latitud	Longitud

Observaciones:

Información del sistema:

Cantidad de fuentes		Pozos		Caudal	
		Nacientes		Caudal	

Observaciones:

Tanques de almacenamiento:		Volúmenes:	
Coordenadas:	Latitud:		Tipo de tanque:
	Longitud:		

Observaciones:

Tuberías de conducción		
Distancia	Tipo	Material

Observaciones:

Tuberías de distribución		
Distancia	Tipo	Material

Observaciones:

Cantidad de Válvulas:		Material	
Tipo:			

Observaciones:

Sistema de desinfección	Si	Tipo:	
	No	Frecuencia:	

Observaciones:

Información sobre el servicio:

Servicios activos:		Macromedidores:	
Hidrantes:		Micromedidores:	

Observaciones:

Anexo 2. Encuesta aplicada a los beneficiarios directos

Viabilidad Social

El siguiente formulario es de carácter investigativo y contiene preguntas abiertas y cerradas. El objetivo principal de este es medir la aceptación social del proyecto denominado "Propuesta de diseño de guía para que los entes operadores delegados por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado puedan elaborar un manual de operación y mantenimiento de sus acueductos, en la Región Chorotega, Costa Rica". Las respuestas que usted proporcione serán utilizadas únicamente para fines académicos.

**Obligatorio*

1. Correo electrónico *

Información de la Institución

2. Nombre de la ASADA a la cual pertenece

3. Puesto que ejerce

4. Sexo
Marca solo un óvalo.

Mujer

Hombre

Otro

Preguntas

1. ¿Ha escuchado acerca de guías estratégicas como herramientas para elaboración de materiales? *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

Sí

No. Pase a la pregunta #4

2. ¿Con que frecuencia ha utilizado las guías estratégicas?

Considere su respuesta en una escala del 1 al 5. Siendo 1 Nunca y 5 Muy frecuentemente

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Nunca

Muy frecuentemente

3. ¿Qué tan importantes han sido las guías estratégicas en el desempeño de su trabajo?

Considere su respuesta en una escala del 1 al 5. Siendo 1 Nada importante y 5 Muy importante

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Nada importante

Muy importante

4. ¿Sabía usted que mediante las guías estratégicas se puede elaborar manuales de operación y mantenimiento? *

Marca solo un óvalo.

Sí

No

5. ¿Considera de vital importancia las guías estratégicas para elaborar un manual de operación y mantenimiento? *

Considere su respuesta en una escala del 1 al 5. Siendo 1 Nada importante y 5 Muy importante

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Nada importante

Muy importante

6. ¿Estaría usted de acuerdo en que se desarrolle un proyecto de esta índole en la ASADA que usted representa? *

Marca solo un óvalo.

Sí

No

7. Comentarios acerca del desarrollo del proyecto

Anexo 3. Encuesta aplicada a los actores estratégicos del proyecto.

Viabilidad Social

El siguiente formulario es de carácter investigativo y contiene preguntas abiertas y cerradas. El objetivo principal de este es medir la aceptación social del proyecto denominado "Propuesta de diseño de guía para que los entes operadores delegados por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado puedan elaborar un manual de operación y mantenimiento de sus acueductos, en la Región Chorotega, Costa Rica". Las respuestas que usted proporcione serán utilizadas únicamente para fines académicos.

**Obligatorio*

1. Correo electrónico *

Información de la Institución

2. Nombre de la Institución en la cual trabaja

3. Puesto que ejerce

4. Sexo

Marca solo un óvalo.

- Mujer
- Hombre
- Otro _____

Preguntas

1. ¿Ha escuchado acerca de guías estratégicas como herramientas para elaboración de materiales? *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- Sí
- No. Pase a la pregunta #4

2. ¿Con que frecuencia ha utilizado las guías estratégicas?

Considere su respuesta en una escala del 1 al 5. Siendo 1 Nada y 5 Muy frecuentemente

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Nunca Muy frecuentemente

3. ¿Qué tan importantes han sido las guías estratégicas en el desempeño de su trabajo? *

*

Considere su respuesta en una escala del 1 al 5. Siendo 1 Nada importante y 5 Muy importante

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Nada importante Muy importante

4. ¿Sabía usted que mediante las guías estratégicas se puede elaborar manuales de operación y mantenimiento? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

5. ¿Considera de vital importancia las guías estratégicas para elaborar un manual de operación y mantenimiento? *

Considere su respuesta en una escala del 1 al 5. Siendo 1 Nada importante y 5 Muy importante

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Nada importante Muy importante

6. ¿Estaría usted de acuerdo en que se desarrolle un proyecto de esta índole? Justifique su respuesta *

7. Comentarios acerca del desarrollo del proyecto

Anexo 4. Guía estratégica de referencia para la elaboración de manuales de operación y mantenimiento.



GUÍA PARA LLEVAR A CABO LA ELABORACIÓN DE MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ACUEDUCTOS EN ASADAS



Elaborado por: Fiorella Gutiérrez Matarrita • Revisado por: Paola Jiménez Jara y Sebastián Martínez Arias



TABLA DE CONTENIDOS

Introducción	96	Objetivo general	109
Glosario de términos y definiciones.....	97	Consideraciones	109
Capítulo I.....	101	Plan operativo	110
Descripción del Sistema.....	101	Captaciones	110
Objetivo general.....	102	Manómetro	110
Consideraciones	102	Consideraciones.....	111
Descripción del sistema	102	Instalación	111
Captación	103	Lectura.....	113
Descripción.....	103	Macro medición.....	114
Red de conducción:.....	103	Consideraciones:	114
Descripción.....	104	Instalación:	114
Sistema de tratamiento:.....	104	Lectura.....	115
Descripción.....	104	Red de conducción	117
Tanque de almacenamiento:.....	105	Fugas en tuberías	117
Descripción.....	105	Consideraciones.....	117
Red de distribución:	106	Reparación.....	117
Descripción.....	106	Red de distribución	123
Alcantarrillado	106	Micromedidor	123
Descripción.....	107	Consideraciones.....	123
Capítulo II.	108	Herramientas	123
Programa de Operación.....	108	Instalación	124

Lectura.....	126	PA-4 Desinfección de las instalaciones del pozo.....	140
Válvulas.....	127	PA-5 Revisión del equipo de bombeo.....	141
Consideraciones:	127	PA-6 Desarrollo y limpieza del pozo.	141
Instalación:	127	Nacientes	142
Consideraciones.....	131	CM-1 Aforo de captaciones.	143
Instalación	131	CM-2 Remoción de sedimentos y desinfección de estructuras.	143
Consideraciones.....	133	CM-3 Revisión de válvulas y obras accesorias.....	144
Instalación	133	CM-4 Limpieza de las captaciones.	144
Otros accesorios	135	CM-5 Limpieza de instalaciones e inspección de obras complementarias.....	144
Hidrantes	135	CM-6 Inspección de captación y área adyacente.	144
Consideraciones.....	135	CM-7 Reacondicionamiento general de la obra.	145
Instalación	135	CM-8 Reconstrucción de la estructura.	145
Capítulo III.....	136	Macromedidores.....	145
Programa de Mantenimiento.....	136	RED de conducción.....	147
Objetivo General	137	OC-1 Limpieza de la servidumbre de paso de las líneas de conducción.....	149
Consideraciones	137	OC-2 Mantenimiento de válvulas y limpieza de líneas de conducción y tanques quiebra gradiente.	149
Mantenimiento de las infraestructuras	137	OC-3 Limpieza de instalaciones e inspección de obras complementarias.....	149
Pozos	137	OC-4 Inspección y mantenimiento general	150
PA-1 Inspección y control.....	138		
PA-2 Limpieza de instalaciones e inspección de obras complementarias.....	140		
PA-3 Caseta de bombeo.	140		

OC-5 Reposición de válvulas y tuberías dañadas.	151
Sistema de tratamiento	151
Cloración	152
CL-1a Dosificación.	153
CL-2a Inspección y limpieza del equipo.	153
CL-3a Limpieza de las celdas electrolíticas	154
CL-4a Limpieza del tanque de salmuera y tuberías.	154
Consideraciones.....	156
Manipulación.....	156
CL-1b Controlar concentraciones de sal y soda cáustica.	157
CL-2b Inspección del equipo clorador.	157
CL-3b Reacondicionamiento general.	158
CL-4b Revisión del nivel de sal	158
CL-5b Revisión de dosificador.....	158
CL-6b Revisión general del equipo.....	158
CL-7b Limpieza general.....	159
CL-1c Comprobación de fugas.....	159
CL-2c Limpieza general.....	160
CL-3c Limpieza de eyector	160
CL-4c Revisión general del equipo.....	160
Tanques de almacenamiento	160

TA-1 Limpieza de instalaciones e inspección de obras complementarias.....	161
TA-2 Limpieza de sedimentos sin ingresar al interior. ...	162
TA-3 Limpieza, desinfección y revisión de válvulas.	162
TA-4 Reacondicionamiento general.....	162
TA-5 Reconstrucción de la estructura.	163
Redes de distribución	163
RD-1 Inspección del medidor y caja de protección.	164
RD-2 Inspección general de válvulas especiales.....	164
RD-3 Limpieza externa de medidores y cajas de protección.	165
RD-4 Inspección general.....	165
RD-5 Sustitución del medidor.....	165
RD-6 Sustitución de tubería.	166
RD-7 Actualización de planos.....	166
Limpieza y desinfección de tuberías	166
Mantenimiento de válvulas	167
Mantenimiento de hidrantes	170
Capítulo IV.....	171
Seguridad del Agua.....	171
Objetivo General	172
Consideraciones	172
Control operativo	172

Reglamentación para la calidad de agua potable	179	Análisis de parámetros	195
Toma de muestras.....	179	Olor y sabor	195
Frecuencia	179	Procedimiento:.....	196
Puntos de recolección de muestras.....	184	pH	196
Evaluación del riesgo sanitario.....	184	Procedimiento:.....	196
Análisis y determinación del riesgo.....	185	Temperatura.....	197
Capítulo V.....	192	Procedimiento:.....	197
Medición de parámetros físico-químicos y toma de muestras	192	Turbiedad.....	198
Objetivo General	193	Procedimiento.....	198
Consideraciones	193	Cloro residual	198
Muestreo de aguas.....	193	Capítulo VI.....	201
Selección del punto de muestreo:	194	Anexos	201
Drenaje de la tubería:	194	Objetivo General	202
Recolección de muestra:.....	194	Consideraciones	202

INTRODUCCIÓN

La presente guía tiene la finalidad de explicar e informar cómo llevar a cabo la elaboración de un manual de operación y mantenimiento de un acueducto comunal de agua potable. Para ello se encuentra organizado por capítulos:

Capítulo I: Denominado descripción del sistema, dentro del cual se explica todo el proceso que se lleva a cabo desde la fuente de aprovechamiento hasta la red de distribución del agua potable.

Capítulo II: Corresponde al programa de operación, es decir las actividades para llevar a cabo la operación de sistema.

Capítulo III: Programa de mantenimiento, en el cual se hace énfasis en las actividades que se realizan para el mantenimiento del sistema.

Capítulo IV: Seguridad del agua, hace énfasis en los análisis y riesgo dentro del sistema.

Capítulo V: Se encuentra la medición de parámetros físico-químicos y toma de muestras que deben realizarse en el sistema.

Capítulo VI: Se establecen los anexos, tales como: formatos e instructivos utilizados como bitácoras diarias para la operación y mantenimiento del acueducto.

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Acueducto: Sistema por el cual se transporta agua, para abastecer a una población.

Acuífero: Formación geológica o grupo de formaciones, las cuales contienen agua y permiten su movimiento.

Agua potable: Agua tratada, la cual cumple con las disposiciones de los valores recomendados o máximos admisibles establecidos por el Reglamento para la Calidad de Agua Potable vigente en Costa Rica.

Aforo: Medición de la cantidad de agua que brinda una fuente, esta se expresa en l/s.

Almacenamiento: Depósito de agua en un sistema de acueducto cuya función es almacenar agua en horas de bajo consumo y descargar en horas de alto consumo, compensando las variaciones de consumo a lo largo del día. También acumula agua para situaciones de incendio y emergencias.

Análisis Físico-químicos del agua: Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para determinar sus características físicas y químicas.

Análisis microbiológicos del agua: Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

ASADA: Asociación Administradora de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunes, organización legalmente constituida, para la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado sanitario e hidrantes; y que cuenta con convenio de delegación por parte del AyA.

Calidad del agua: Conjunto de atributos físicos, químicos biológicos y organolépticos que se le asignan al agua en función de su uso y las cuales son requeridas para la protección de la salud humana.

Caudal: Relación entre el volumen de agua que pasa a través de una sección por unidad de tiempo (m^3/s ó l/s).

Control de calidad del agua potable: Evaluación continua y sistemática de la calidad del agua desde la fuente, planta de tratamiento, sistemas de almacenamiento y distribución, según programas específicos que deben ejecutar los organismos operadores a fin de cumplir las normas de calidad.

Conducción: Componente a través del cual se transporta agua potable, ya sea a flujo libre o a presión.

Consumo: Cantidad de agua potable utilizada en un servicio por un periodo (m^3), se clasifican en dos tipos de consumo: medido y estimado.

Cloración: Aplicación de cloro, o compuestos de cloro, al agua para desinfección; en algunos casos se emplea para oxidación química o control de olores.

Desinfección: Proceso mediante el cual se eliminan organismos patógenos presentes en el agua, haciendo uso de equipos especiales o sustancias químicas. Se puede emplear el cloro gaseoso, hipoclorito de sodio, dióxido de cloro, hipoclorito de calcio.

Fugas: Escape de agua o derrame de aguas en los sistemas de acueductos y alcantarillados.

Hidrante: Dispositivo de emergencia y atención de incendios o toma de agua, diseñado para proporcionar caudal considerable en caso de incendio, Reglamentos a la Ley N°8641 y N°8228 vigente.

Hidrómetro: Dispositivo o instrumento para la medición del volumen de agua que lo atraviesa.

Macro medición: Conjunto de acciones que permiten conocer caudales y volúmenes producidos y distribuidos en los sistemas de abastecimiento de agua para la mejor administración operativa del sistema.

Micro medición: Actividad que se refiere a la medición, instalación y reparación de medidores, los cuales se definen como un dispositivo de carácter domiciliario, que mide y acumula el caudal de agua que pasa hacia una propiedad, y con dicha medida se cobra el servicio prestado al usuario.

Normas de calidad del agua potable: Normativa que tiene por objetivo establecer los niveles máximos que deben tener aquellos componentes o características del agua, que pueden representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento de agua en beneficio de la salud pública.

PEAD: Polietileno de Alta Densidad.

pH: Es un término para expresar la magnitud de acidez o alcalinidad. Es una forma de expresar la concentración de los iones hidrógeno, o más exactamente, la actividad del ion hidrogeno.

Pozo: Perforación en el suelo para obtener agua subterránea.

Prevista (sistema de agua potable): Sección longitudinal de tubería, que se instala desde la red de distribución hasta el punto para la conexión del sistema de agua potable; se extiende hasta el límite de la propiedad donde se ubica el inmueble, al que se le brindará el servicio.

Purgar: Acciones para efectuar la limpieza de las tuberías.

Red de distribución: Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta las previstas de los consumidores.

Tratamiento: Conjunto de operaciones y procesos que se realizan al agua cruda, con el fin de modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla potable de acuerdo con las normas establecidas por el AyA.

Tubería: Conducto prefabricado, o construido en sitio, de concreto, concreto reforzado, plástico, polietileno de alta densidad (PEAD), asbesto-cemento, hierro fundido, gres vitrificado, PVC, plástico con refuerzo de fibra de vidrio, u otro material cuya tecnología y proceso de fabricación cumplan con las normas técnicas correspondientes. Por lo general su sección es circular.

Turbiedad: Propiedad óptica del agua basada en la medida de luz reflejada por las partículas en suspensión.

Válvulas de regulación: Dispositivos para el control de presiones o caudales en un acueducto.

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En el presente capítulo se llevará a cabo la descripción del sistema de agua potable, desde la fuente de aprovechamiento hasta la red de distribución. Es importante, por lo tanto, contar con datos específicos como: tipo de material, capacidad, distancia, entre otros aspectos que faciliten al lector la comprensión del sistema.

OBJETIVO GENERAL

- Describir el sistema de abastecimiento de agua potable que se lleva a cabo en el acueducto comunal.

CONSIDERACIONES

- Colocar el nombre del sistema del cual se va a redactar.
- La descripción del proceso debe redactarse de forma narrativa, cronológica y secuencial según cada actividad.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Para llevar a cabo la descripción del sistema en necesario comprender la figura 1, en la cual se establece el orden secuencial de los procesos de un sistema de agua potable.



Figura 1. Orden secuencia de un sistema de agua potable.

Fuente: Gutiérrez, (2021).

A continuación, se detalla la información que debe redactarse en cada uno de los procesos:

CAPTACIÓN

La captación son las estructuras requeridas para captar las fuentes de aprovechamiento, es decir son todas las aguas provenientes de cursos o cuerpos superficiales o subterráneos.

Las principales estructuras para llevar a cabo la captación son:



- 💧 **Pozos profundos o someros:** hoyos excavados en la tierra, que permite la explotación de los acuíferos.
- 💧 **Nacientes ubicadas en montañas:** flujo de agua subterránea que aflora agua en la superficie debido a cambios topográficos.
- 💧 **Mixta (Pozos y Nacientes):** utiliza tanto pozos profundos o someros, como nacimiento.

DESCRIPCIÓN

Para describir el proceso de captación, se debe seleccionar el medio de captación de su ASADA, y redactar de manera narrativa, la cantidad de fuentes, el caudal de aprovechamiento, ubicación de la fuente e indicar las coordenadas (sí cuenta con ellas), debe indicar, además, si la ASADA es dueña de la propiedad donde se encuentra ubicada dicha captación.

Una vez descrita la fuente de aprovechamiento, debe indicar la cantidad de abonados a los cuales abastece el sistema, así como la cantidad de hidrantes instalados.

RED DE CONDUCCIÓN:

Es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde la captación de la fuente hasta el sistema de tratamiento o tanque de almacenamiento. Los tipos de conducción son:



💧 **Impulsión:** sistema por bombeo, conduce las aguas desde la estación de bombeo hasta el tanque de almacenamiento.

💧 **Bombeo:** sistema que utiliza mecanismos hidráulicos para bombear el agua desde la captación hasta el tanque de almacenamiento.

💧 **Gravedad:** sistema que permite que se transporte el agua sin mecanismos de bombeo, únicamente utiliza la topografía del lugar.

DESCRIPCIÓN

Para la descripción de la red de conducción debe indicar el medio por el cual es conducida el agua, descritos anteriormente. Además, es necesario indicar el material de la tubería (PEAD o PVC), así como la distancia y el diámetro de esta.

NOTA:

Puede usted variar el orden de los siguientes procesos (sistema de tratamiento y tanque de almacenamiento), según se lleve a cabo dicho proceso en su acueducto de agua potable.

SISTEMA DE TRATAMIENTO:

El sistema de tratamiento es también conocido como sistema de desinfección, puede llevarse a cabo antes de que el agua ingrese al tanque de almacenamiento o después de este.

DESCRIPCIÓN

Para describir el sistema de tratamiento debe indicar cuales son los agentes contaminantes o en elevadas concentraciones que se remueven del agua, el tipo de tratamiento se le da al agua, y describir paso a paso el proceso que realiza el sistema.



NOTA:

Para llevar cabo la descripción del proceso que se realiza, puede utilizar como guía el manual de operación que trae consigo el sistema de tratamiento.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO:

El tanque de almacenamiento es una estructura que almacena la cantidad de agua necesaria para satisfacer la demanda de una población.

Los tanques de almacenamiento pueden clasificarse según su posición respecto al nivel del terreno en:



- ♦ **Asentado:** tiene una planta de forma rectangular o circular y se sitúan sobre la superficie del suelo.
- ♦ **Elevados:** son construidos en columnas, pilotes o torres de concreto o metálicas, para incrementar la presión del servicio en el sistema de distribución
- ♦ **Semienterrado:** tiene una parte de su estructura bajo el nivel del suelo y otra fuera de este.
- ♦ **Enterrado:** se construyen bajo el nivel del suelo, siempre y cuando las condiciones del terreno lo permitan

DESCRIPCIÓN

Para la descripción del tanque de almacenamiento debe indicar la posición del tanque respecto al nivel del suelo, como se mencionó anteriormente.

Seguidamente, debe indicar el material del tanque (concreto simple o reforzado, fibra de vidrio, polietileno y acero), así como la ubicación del tanque (m.s.n.m) y la capacidad de almacenaje de este.

NOTA:

Es importante mencionar si donde se encuentran estas estructuras es propiedad privada o de la ASADA.

RED DE DISTRIBUCIÓN:

La red de distribución es el último proceso en el sistema de abastecimiento y corresponden al conjunto de tuberías que se instalan para llevar a cabo la distribución del agua potable desde el tanque de almacenamiento hasta la población.

La distribución del agua potable se puede llevar a cabo por:

- 💧 **Impulsión:** sistema por bombeo, conduce las aguas desde el tanque de almacenamiento hasta los micromedidores.
- 💧 **Bombeo:** sistema que utiliza mecanismos hidráulicos para bombear el agua a los micromedidores.
- 💧 **Gravedad:** sistema que permite que se transporte el agua sin mecanismos de bombeo, desde un punto más alto hacia otro más bajo.



DESCRIPCIÓN

Dentro de dicho proceso debe indicarse el mecanismo mediante el cual se distribuye el recurso hídrico hacia los abonados. Debe, además, indicar el material de la tubería (PEAD o PVC), el diámetro y la longitud de esta.

NOTA:

El siguiente apartado debe ser valorado según el funcionamiento de la ASADA:

ALCANTARRILLADO

Se denomina alcantarillado o red de alcantarillado, red de limpieza profunda y red de drenaje, al sistema de tuberías y conducciones mediante las cuales es recolectada y transportada las aguas residuales.



Los tipos de aguas residuales son:

💧 **Ordinarias:** aguas residuales generadas por las actividades domésticas del ser humano (uso de inodoros, duchas, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa, entre otros).

💧 **Especiales:** aguas residuales de tipo diferente al ordinario.

DESCRIPCIÓN

Se debe indicar el tipo de agua residual que es recolectada y transportada, el material de la tubería que realiza el transporte de estas aguas, así como el diámetro y la distancia correspondiente. Debe indicar si se da un tratamiento de las aguas, el punto de vertido, si cumple con los parámetros establecidos por la ley vigente.

CAPÍTULO II. PROGRAMA DE OPERACIÓN

En esta sección se describirá las actividades que se llevan a cabo en la operación de un acueducto de agua potable, dentro de las cuales se destacan como llevar a cabo instalaciones y consideraciones que deben tomarse en cuenta al realizar cada actividad, entre otros aspectos fundamentales

OBJETIVO GENERAL

- ◆ Describir las actividades de operación que se realizan en las ASADAS para garantizar el suministro del recurso hídrico en la operación del sistema.

CONSIDERACIONES

- ◆ La descripción de la actividad debe realizarla narrativa, cronológica y secuencialmente.
- ◆ Debe precisar de manera sistemática como se realizan las funciones de cada actividad.
- ◆ En cada actividad debe definir, quién, cómo, cuándo y dónde se lleva a cabo.
- ◆ Se deben especificar en las actividades los tiempos de duración.
- ◆ Debe explicar con claridad el objetivo de cada actividad.
- ◆ Enumere las actividades en forma progresiva aun en caso de que existan varias alternativas de su decisión.
- ◆ Si es necesario hacer alguna aclaración o indicación relevante puede citarlo a través de una nota.

NOTA:

Para llevar a cabo las actividades de operación se recomienda llevar a cabo un plan operativo, es decir la estrategia que debe desarrollarse cuando se realizan actividades en las cuales se interrumpe el servicio.

PLAN OPERATIVO

- Estime el tiempo de duración de la reparación y/o instalación.
- Programe el cierre del servicio.
- Informe a sus abonados sobre el cierre del servicio.
- Realice la logística para los trabajos en vía pública con el fin de evitar afectación a tránsito vehicular y peatonal.
- Lleve a cabo la actividad.
- Asegúrese de que el área de trabajo quede limpia y no presente algún otro inconveniente a los pobladores.
- Rehabilite el servicio.

CAPTACIONES

Las actividades operacionales que se pueden llevar a cabo en las captaciones son las siguientes:

MANÓMETRO

Un manómetro de presión es un indicador analógico utilizado para medir la presión de un gas o líquido, como agua, aceite o aire. Además, monitorea la calidad del servicio y reduce los impactos de la escasez del agua, monitorea las pérdidas en Agua No Contabilizada (ANC) por fugas o pérdida y apoya la toma de decisiones para el otorgamiento de nuevas disponibilidades de agua.

Las dos razones más comunes para el fallo de un manómetro mecánico son las vibraciones del tubo y la condensación del agua. Los delicados enlaces, pivotes y los piñones de un manómetro analógico tradicional son sensibles tanto a la condensación como a la vibración. Su instalación puede llevarse a cabo por el fontanero o técnico de la ASADA.



CONSIDERACIONES

- La vida del manómetro de presión con aceite es más larga, no sólo porque tiene menos partes móviles, sino porque su carcasa está llena de un aceite viscoso o glicerina. Este relleno de aceite es beneficioso no sólo porque amortigua las vibraciones punteras, sino también porque no deja espacio para la entrada de aire húmedo. Como resultado, el agua no se puede condensar y acumular.
- Al utilizar manómetros digitales se debe considerar la disponibilidad de energía, la vida de la batería, temperatura ambiente/temperatura del proceso, la humedad y los golpes/vibraciones.
- Para cualquier tipo, se debe instalar válvula de cierre entre el manómetro y el proceso, la cual permite bloquear para desmontar o realizar el mantenimiento del manómetro.
- A menudo una segunda válvula es añadida por una de las dos siguientes razones: El drenaje de condensado de vapor en servicio (tal como vapor de agua), o, para aplicaciones de mayor precisión, para permitir la calibración contra una fuente de presión externa.

INSTALACIÓN

Para realizar la instalación del manómetro se recomienda realizar los pasos indicados en la siguiente figura 2:

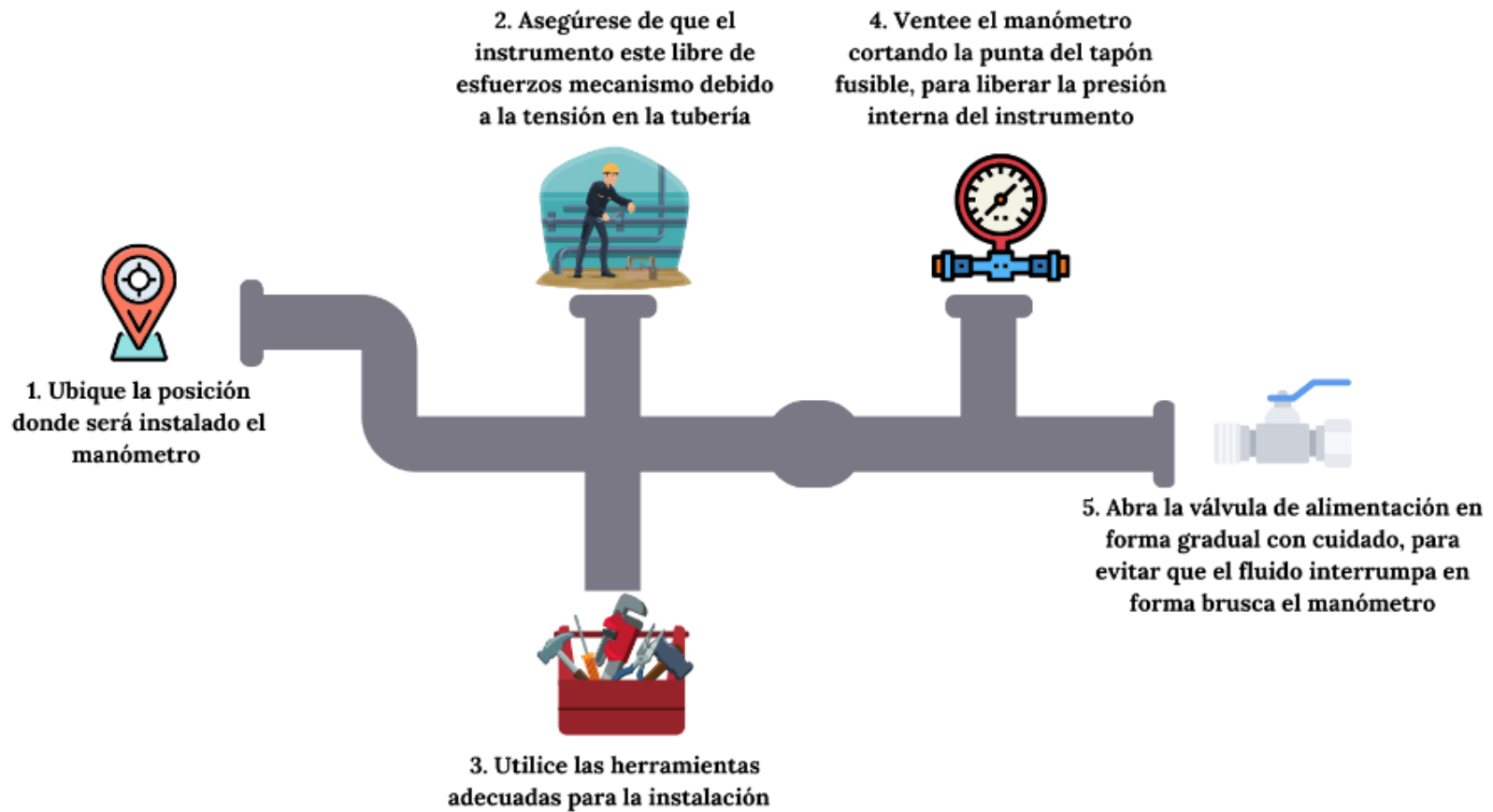


Figura 2. Instalación de manómetro.

Fuente: Gutiérrez, (2021).

NOTA:

Nunca utilice la caja del instrumento para roscar y apretar el manómetro, esto ocasionaría desajustes en el mecanismo interior.

LECTURA

Para realizar la lectura del manómetro se recomienda realizar los pasos indicados en la siguiente figura 3:

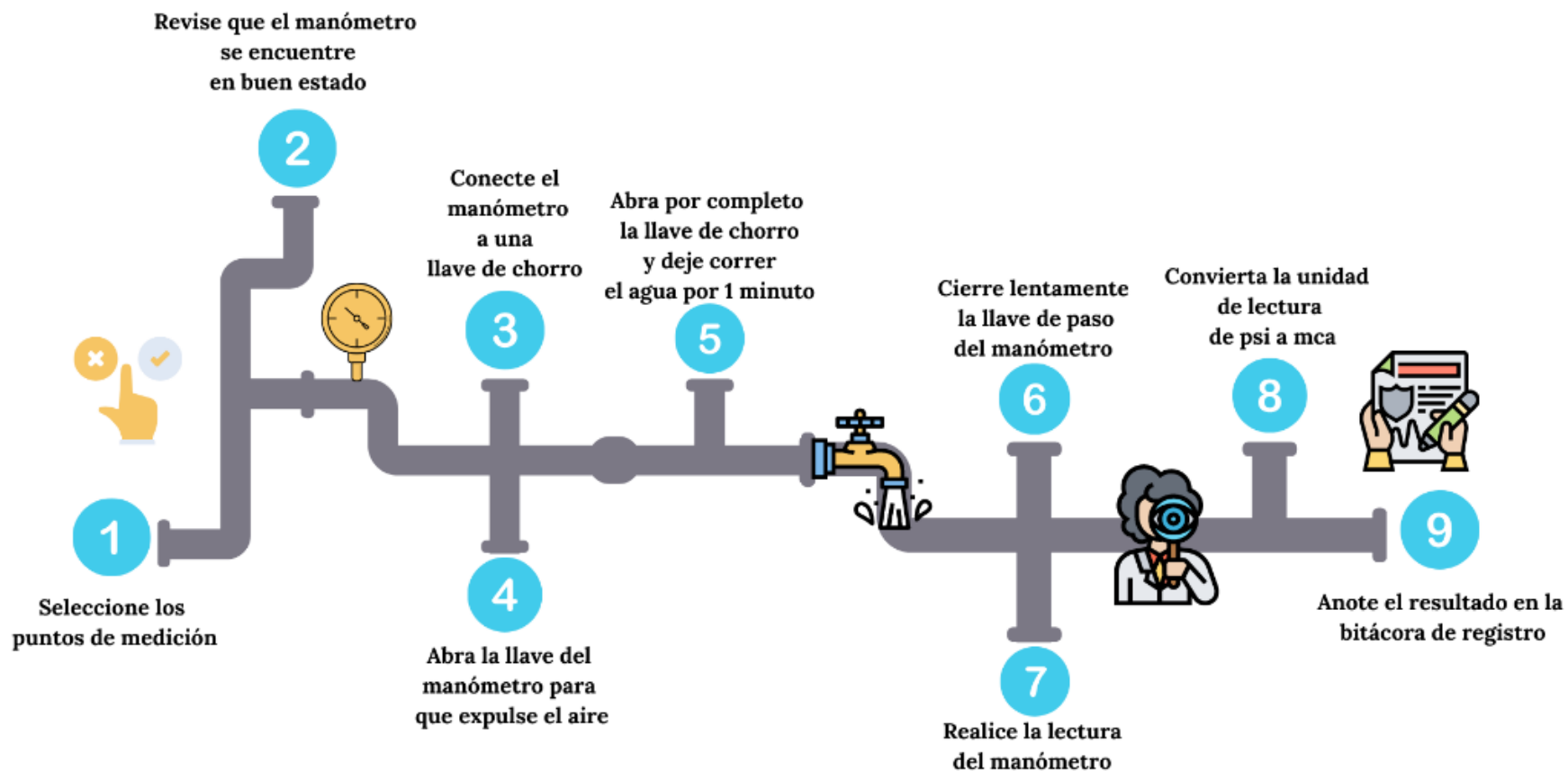
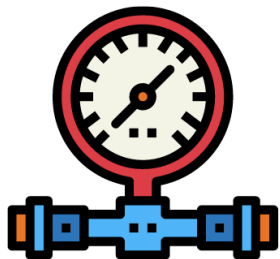


Figura 3. Lectura de un manómetro.

Fuente: AyA, (s.f), adaptada por Gutiérrez, (2021).

MACRO MEDICIÓN

Un macro medidor es un dispositivo que mide tanto el flujo (caudal) instantáneo de agua que circula a través de la tubería, así como el total de agua acumulado que ha fluido durante un tiempo determinado. Existen diversos tipos de medidores, los más utilizados se detallan a continuación:



1. *Medidores ultrasónicos*: poseen al menos un transmisor y un receptor de ondas. El transmisor emite una señal sónica diagonalmente por el tubo hasta llegar al receptor. Según la velocidad del líquido, esta señal dura más o menos tiempo entre el transmisor y el receptor, lo que le permite calcular el caudal.
2. *Medidores electromagnéticos*: se basa en el principio de inducción, por lo que no existen partes móviles. En el interior del medidor se ubican bobinas, que generan un campo eléctrico. Dependiendo de la velocidad del flujo, se genera una magnitud de corriente eléctrica, la cual es transformada mediante el registro a un caudal y/o volumen.
3. *Medidores de turbina*: utilizan la energía mecánica del líquido para hacer girar un rotor en el caudal de flujo. La velocidad de rotación es directamente proporcional a la velocidad del fluido que se desplaza a través del medidor.

CONSIDERACIONES:

- 💧 El macro medidor debe colocarse en forma horizontal (lugar plano).
- 💧 Se debe instalar un tramo de tubería antes y después del macro medidor, con igual diámetro.
- 💧 Revise la recomendación del fabricante en cuanto a las distancias libres antes y después del medidor.
- 💧 El medidor debe estar en un lugar seguro con una caja de protección, que permita tomar lecturas y ser manipulado para las labores de mantenimiento.

INSTALACIÓN:

Para realizar la instalación de un medidor se recomienda realizar los pasos indicados en la siguiente figura 4:

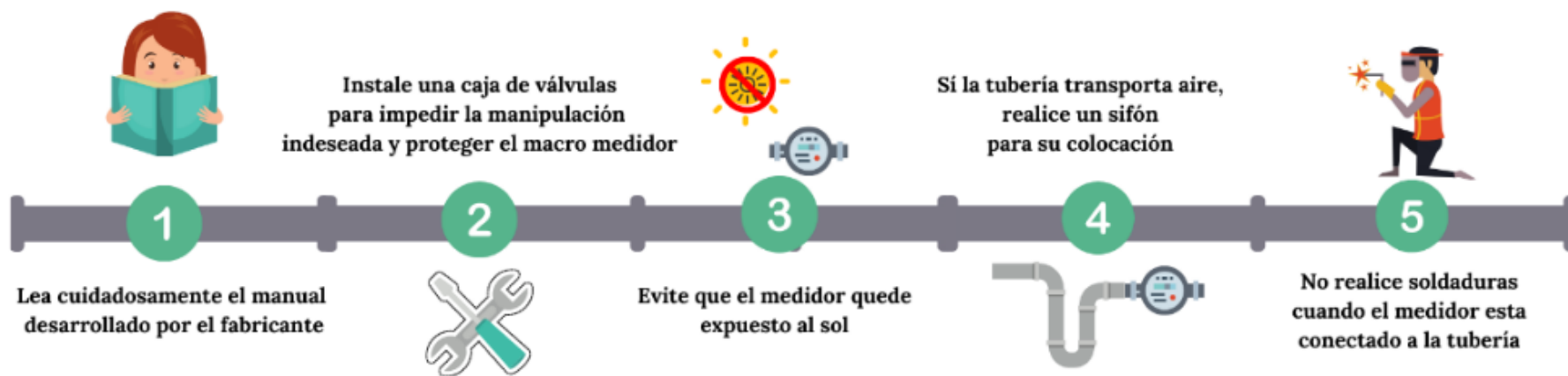


Figura 4. Instalación de un macro medidor.

Fuente: Gutiérrez, (2021).

NOTA

Es recomendable que un extremo del medidor sea flexible o se acople a una tubería plástica, que permita el desmontaje de este.

LECTURA

La lectura del medidor puede realizarse en diferentes intervalos según se necesite. Como mínimo, se deberá realizar mensualmente en un tiempo que coincida con la lectura de los medidores de los usuarios. En el siguiente cuadro 1, se muestran los elementos que tiene la pantalla del macro medidor y sus respectivas funciones.

Cuadro 1. Elementos del macro medidor y su respectiva función.

Elemento	Función
Volumen acumulado	Indica el volumen que ha pasado por el macro medidor. En algunos se puede configurar para mostrar el resultado en las unidades que se desee (m3, gal o ft3).
Caudal instantáneo	Muestra el caudal instantáneo que está pasando por el macro medidor en ese momento. En algunos se puede configurar para mostrar el resultado en las unidades que se desee (l/s, l/m, m3/h, gpm).
Modo del acumulador	Indica el modo de acumulación, el cual puede ser solamente el flujo que pasa en la dirección de la flecha grabada en el medidor, el flujo en ambas dirección, es decir el flujo que se “devuelve” y solamente el flujo en sentido contrario a la flecha grabada.
Temperatura	Indica la temperatura del agua. Sus unidades pueden ser en °C O °F.
Error del sistema	Indica que hay un mal funcionamiento del sistema.
Indicador de batería	Si el campo presenta la indicación LOW BATT, implica que la batería y por lo tanto el medidor dejará de funcionar pronto.
Modo de comunicación	Indica si está conectado el cable transmitiendo información según la programación que tenga el mismo en el puerto de comunicación.
Módulo de salida	Indica cuál es la programación para el módulo de salida solo cuando se va a comunicar mediante algún protocolo.
Dirección del flujo	Indica la dirección del flujo en un instante específico.
Resolución de pulso	Se activa cuando el protocolo de comunicación está programado para el pulso, el mismo indica según la unidad de volumen de medidor qué valor tiene cada pulso en volumen según la salida de cable de comunicación.

Fuente: Fuente: Rojas (2021), adaptada por Gutiérrez, (2021).

RED DE CONDUCCIÓN

En la red de distribución la principal operación que se lleva a cabo es la reparación de fugas:

FUGAS EN TUBERÍAS

El método de reparación de fuga depende del tipo de daño ocasionado a la tubería, y el tipo de tubería. Tipos de reparaciones: parche, cintas plásticas, acople, etc.

CONSIDERACIONES

- ◆ Identifique y localice la fuga.
- ◆ Identifique el tipo de material, diámetro y espacios para realizar los trabajos.
- ◆ Defina el sistema de reparación.
- ◆ Defina las piezas de reparación, sustitución, elementos de montaje y tornillería.
- ◆ Defina la maquinaria, herramientas y equipo de protección personal para realizar los trabajos.
- ◆ Después de la relación y previamente el restablecimiento del servicio, es necesario volver a llenar la tubería y lavar el tramo de tubería afectada, a fin de eliminar sustancias que hayan ingresado a las tuberías durante la reparación para garantizar la perfecta calidad del agua.

REPARACIÓN

Existen diversas maneras de realizar una reparación según el tipo de tubería. Para realizar la instalación se recomienda realizar los pasos indicados en las siguientes figuras 5, según el tipo de reparación:

1. Reparación de tubería PVC:

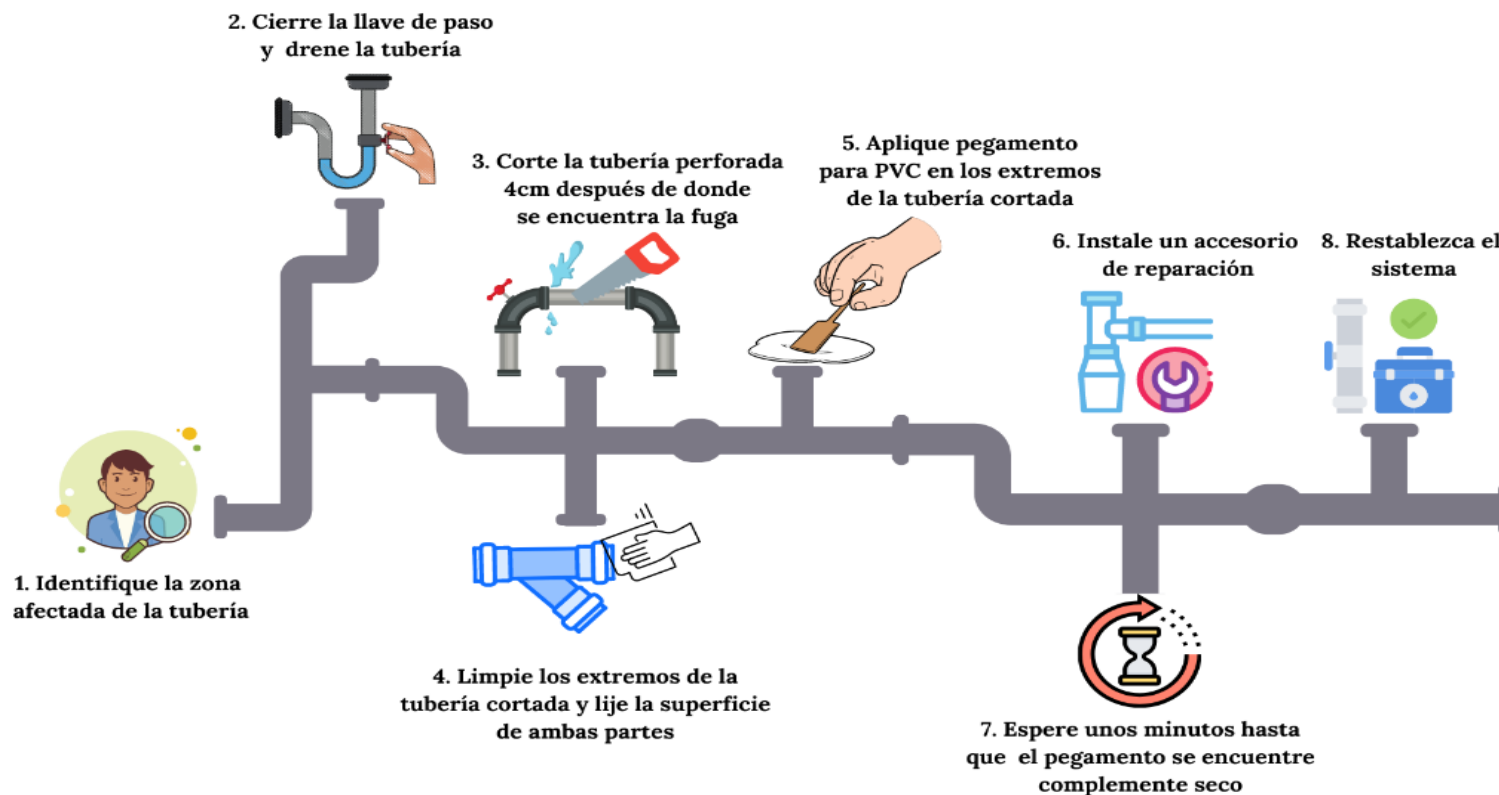


Figura 5. Reparación de tubería PVC

Fuente: Gutiérrez, (2021).

2. Reparación de tubería PEAD: Las reparaciones de las tuberías PEAD pueden realizarse con:

a. Aportaciones de PEAD (figura 6):

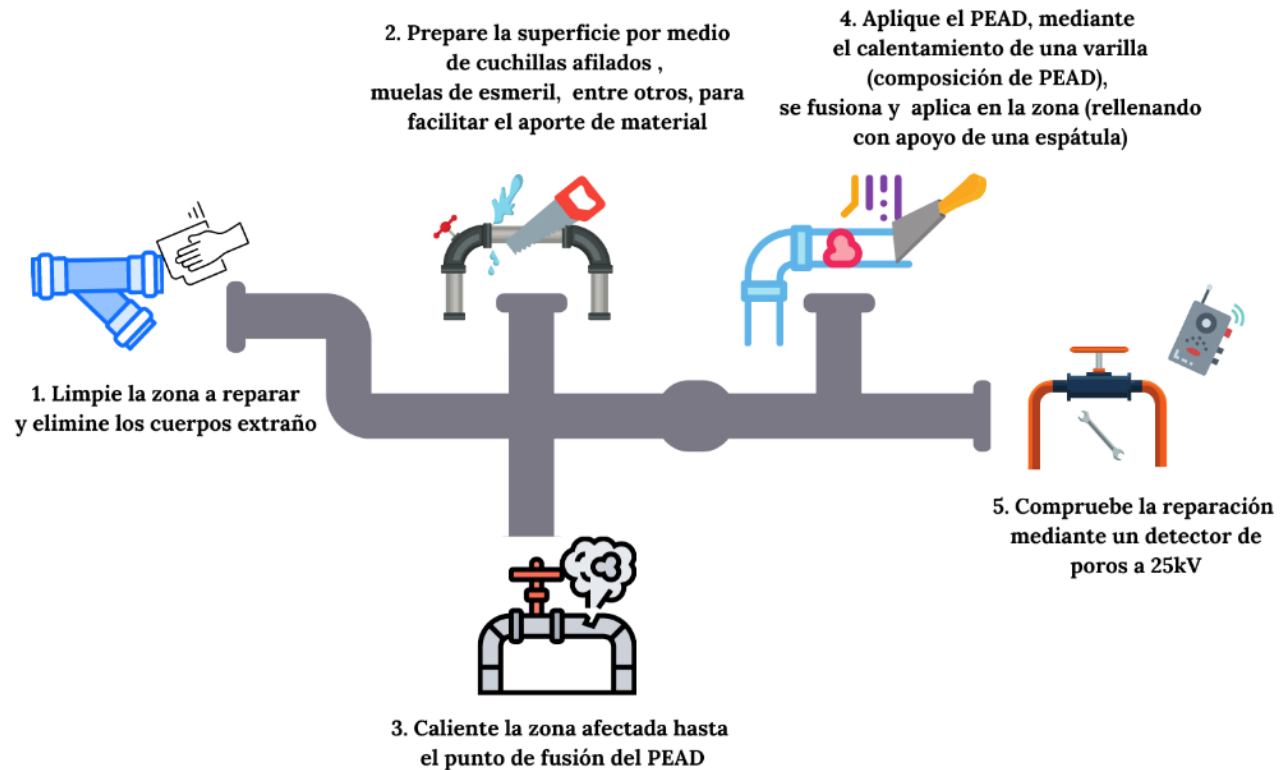


Figura 6. Reparación de tubería PEAD con aportaciones.

Fuente: Gutiérrez, (2021).

b. *Reparación con parche*: el sistema consiste en dos componentes: masilla (mastic) de relleno aplicado en caliente y mediante parche de PEAD (ver figura 7).

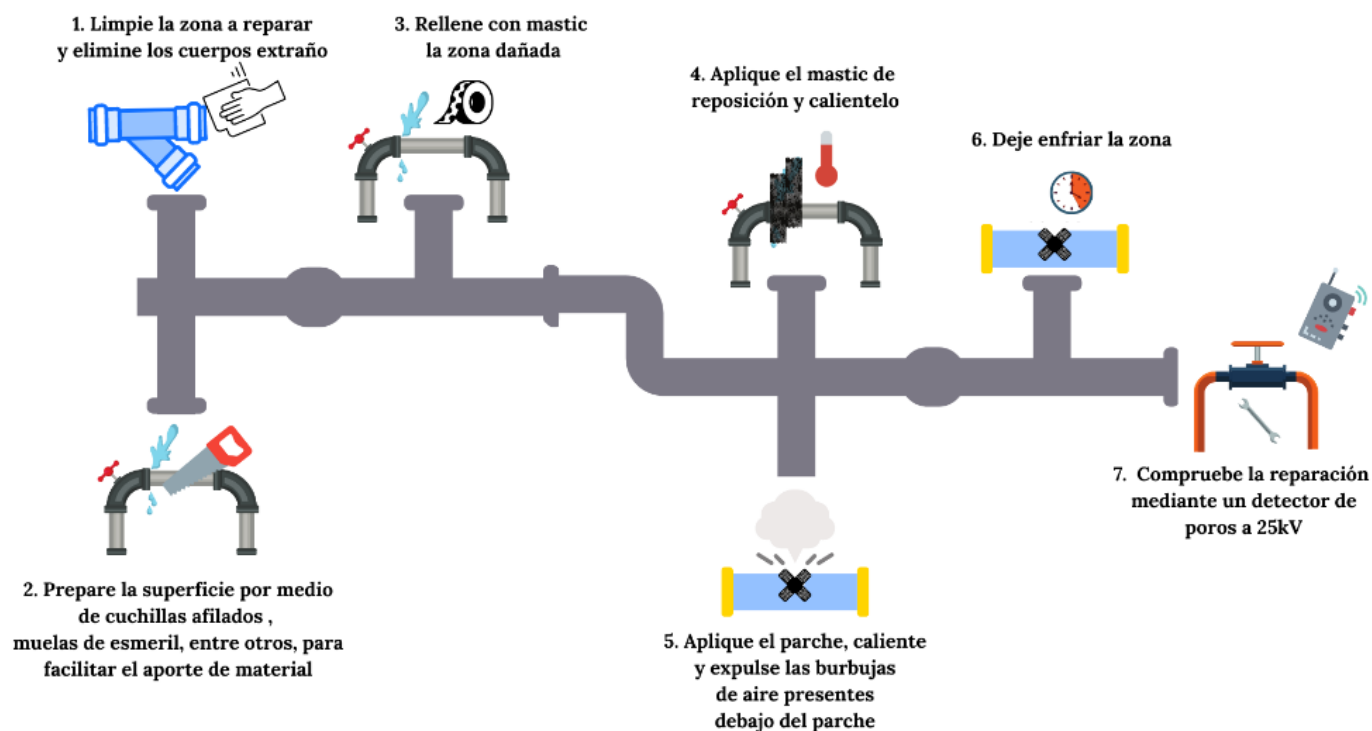


Figura 7. Reparación de tubería PEAD con parche.

Fuente: Gutiérrez, (2021).

b.1 Reparación con acople y acople termorretráctil:

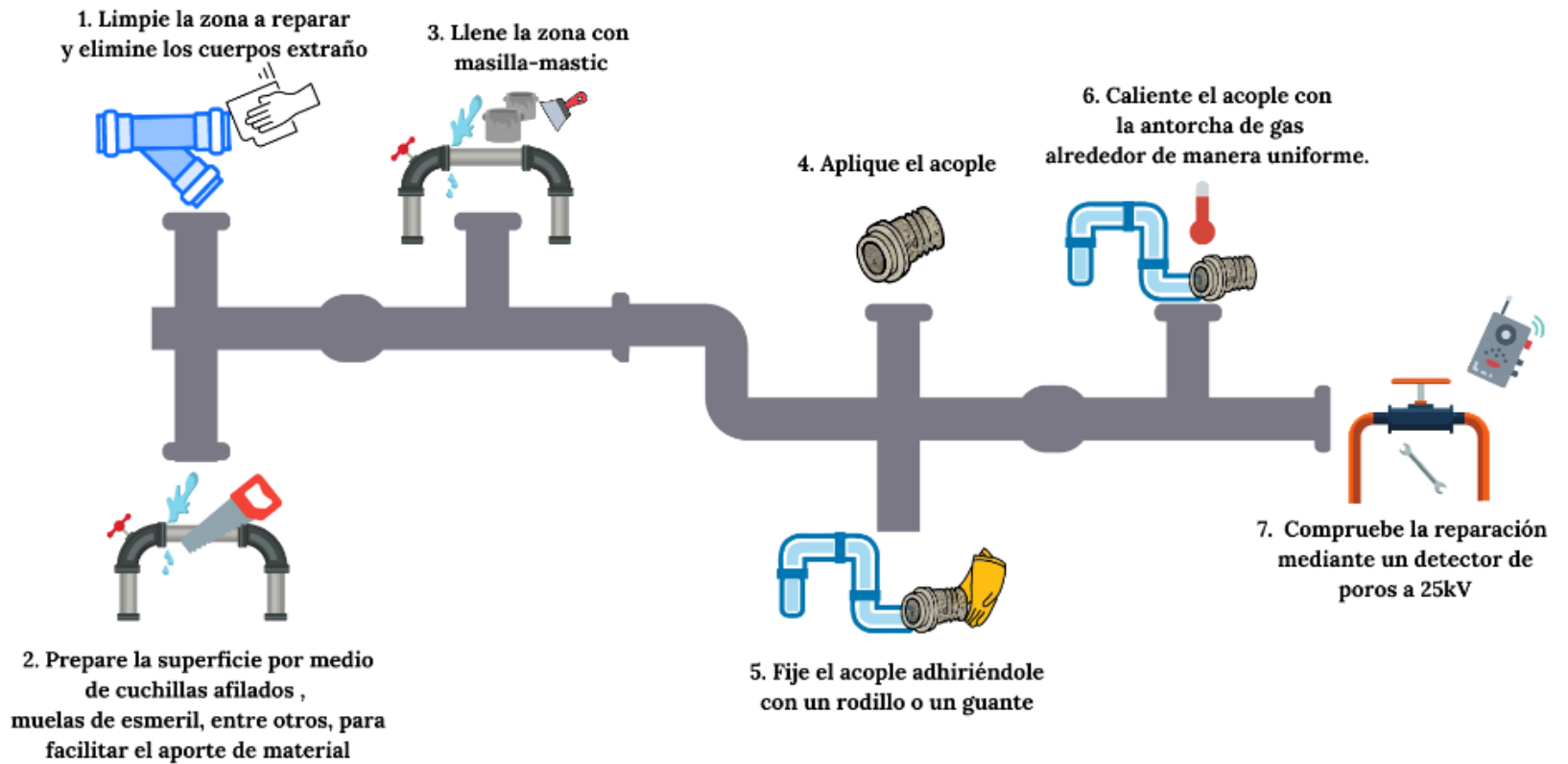


Figura 8. Reparación de tubería PEAD con acople y acople termorretráctil.

Fuente: Gutiérrez, (2021).

NOTA:

El acople cerrado para diámetros menores de 10" (254mm) y abierto para diámetros igual a la circunferencia de la tubería más una longitud de solape (80 a 100mm) de cierre sobre sí mismo y perfectamente centrado.

b.2 Cintas plásticas aplicadas en frío polietileno: son bandas las cuales están compuestas por un soporte de PEAD estabilizado y de densidad media. Están recubiertas por una o ambas caras de resinas sintéticas o caucho butílicos (ver figura 9).

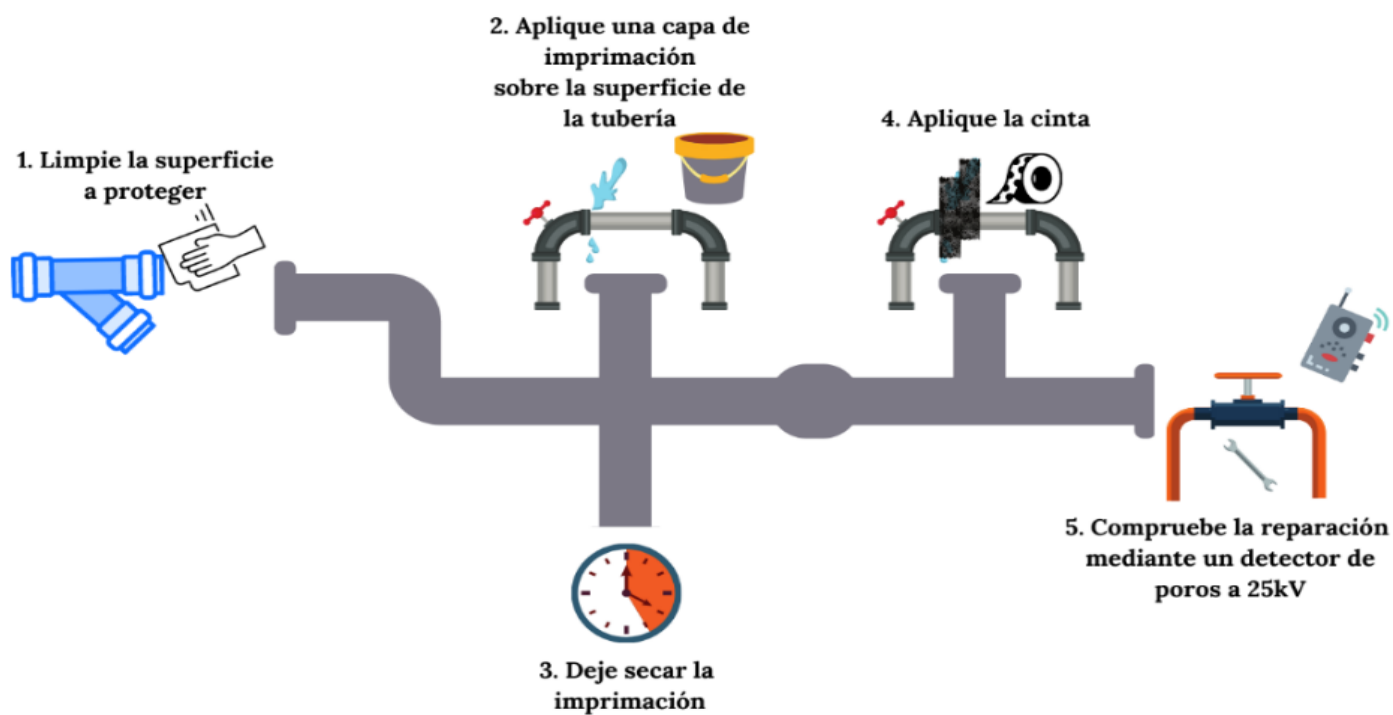


Figura 9. Reparación de tubería PEAD con cintas plásticas

Fuente: Gutiérrez, (2021).

NOTA:

Aplique la cinta mediante enrollamiento helicoidal con un 50% de solpa, con tensión uniforme y evitando la formación de arrugas.

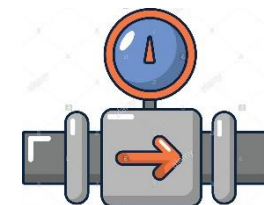
RED DE DISTRIBUCIÓN

A continuación, se muestran las actividades de operación que se llevan a cabo en la red de distribución, además de la reparación de tuberías que se puede llevar a cabo tal como en la red de conducción, que se mencionaron anteriormente.

MICROMEDIDOR

Un medidor es considerado un artefacto, el cual permite contabilizar la cantidad de agua que pasa a través de él, y de esta manera realizar la medición de caudal para determinar el volumen de agua que se consume.

La instalación del macro medidor puede llevarse a cabo por el fontanero o técnico de la ASADA.



CONSIDERACIONES

- 💧 De especificar las herramientas a utilizar en la actividad. Por ejemplo, cinta métrica, pala, llave de cañería.
- 💧 Debe además especificar los accesorios que contiene el medidor. Tales como: Caja de protección, adaptador, entre otros.
- 💧 No debe instalar hidrómetros en áreas o pasos de vehículos. Por ejemplo, parqueos o entradas de garaje.
- 💧 Se debe verificar que la tubería de ingreso a la propiedad, esté protegida o tapada para evitar roturas, el ingreso de sedimentos o partículas, ejemplo: barro o piedras.
- 💧 Se debe verificar que las conexiones presenten el diámetro adecuado, para evitar cambios bruscos de presión.

HERRAMIENTAS

Para realizar una correcta instalación, el fontanero deberá contar con las siguientes herramientas:

💧 Cinta métrica

💧 Llave francesa N°12

- 💧 Llave de cañería N°10 y 12
- 💧 Lima plana
- 💧 Pala pico

- 💧 Mazo pequeño
- 💧 Barra
- 💧 Nivel

Adicionalmente, deberá contar con los siguientes materiales:

- 💧 Caja de protección
- 💧 Accesorios (acople, junta de expansión y válvula de paso (cierre), válvula de retención (check)
- 💧 Otros accesorios como: codo, te, unión liza, unión de transición

- 💧 Tubería de 1/2”
- 💧 Concreto y agregados
- 💧 Adaptador tipo “macho hembra”
- 💧 Otros accesorios: codo, te, unión liza, unión de transición

INSTALACIÓN

- 💧 Debe instalar el micromedidor siempre fuera de la propiedad, en una superficie plana y dura o un poste alto chorreado, verificando con un nivel la instalación de este.
- 💧 Para llevar a cabo la instalación del micromedidor debe cerrar las llaves para evitar el flujo del agua.
- 💧 Asegúrese que el medidor se encuentre en posición horizontal, tal y como se muestra en la figura.
- 💧 Instale una válvula “check” después del medidor, para evitar el flujo inverso (el agua se puede devolver de la propiedad al tubo madre, cuando hay menos presión de agua).
- 💧 Instale una válvula de cierre entre el medidor y la tubería madre.



Figura 10. Esquema de armado de un micromedidor.

Fuente: AyA, (s.f).

NOTA:

Recomiende al abonado la instalación de una válvula de cierre entre el medidor y la vivienda.

LECTURA

El medidor presenta en su registro la opción de leer metros cúbicos (m^3) y submúltiplos de m^3 . Para efectos de la lectura que se realiza mensualmente, para el cobro de consumo, se debe leer los m^3 , los submúltiplos se leen únicamente para pruebas de verificación de exactitud que se le realicen al medidor (pruebas de laboratorio).

En la figura 11, se muestran los elementos de un medidor, para realizar su respectiva lectura.

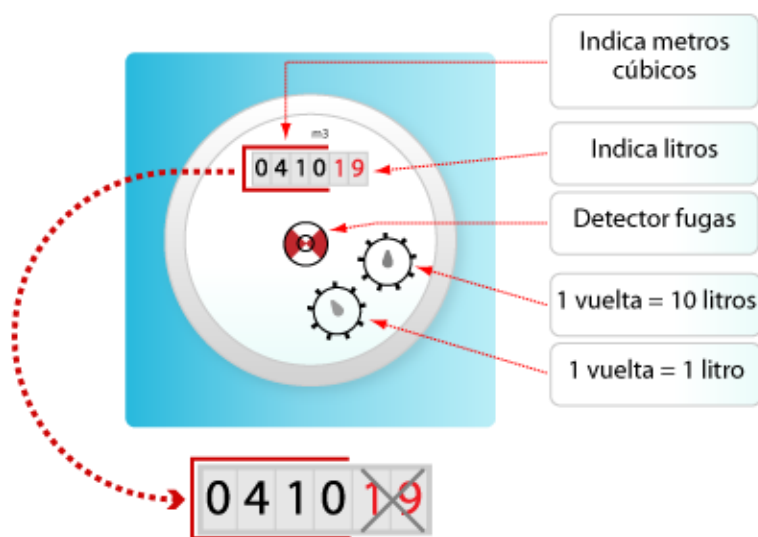


Figura 11. Elementos de un medidor.

Fuente: Google Fotos, (2020).

NOTA:

Según la normativa vigente, a partir del año 2001, toda nueva conexión (de la línea de distribución a la caja de la prevista), debe ser instalada en polietileno.

VÁLVULAS

Las válvulas de compuerta: son válvulas de aislamiento de movimiento lineal, concebidas para la interrupción del flujo. Cierran mediante giro del eje en sentido horario, de forma que la compuerta de la válvula se va aproximando hacia los asientos. Cuando el giro es anti horario la válvula abre. Su operación puede ser mediante volante, dado, reductor o diferentes tipos de actuación. Consulte con el fabricante en caso de necesidad de cambio en el tipo de accionamiento.

CONSIDERACIONES:

- 💧 Evite daños mecánicos en las superficies de cierre.
- 💧 La válvula puede ser bien unidireccional o bidireccional.
- 💧 Cuando la válvula se acciona hay un riesgo de aplastamiento entre la compuerta y el asiento del cuerpo. En caso de acceder al interior de la válvula asegurarse que la misma no se actúe.
- 💧 Cuando se utiliza la válvula como final de línea, utilizar una brida ciega a la salida. Cuando la válvula descarga a la atmósfera, proteger la zona de salida del flujo.
- 💧 Durante la colocación de la válvula en tubería, poner atención para que las manos no queden atrapadas.

Nota:

En caso de que la válvula sea unidireccional: observe la flecha en el cuerpo para determinar la correcta situación del equipo con respecto al sentido de flujo. La posición de instalación recomendable es en tubería horizontal con el eje hacia arriba. Las válvulas de tamaños reducidos (hasta 2") pueden instalarse también en tubería vertical. Para válvulas mayores a 2" en tuberías verticales o con el eje perpendicular al suelo consultar con el fabricante.

INSTALACIÓN:

La estación de válvulas de compuerta se puede llevar a cabo mediante diversas maneras. Para realizar cada una de ellas se recomienda realizar los pasos indicados en las siguientes figuras:

a) Conexiones bridadas:

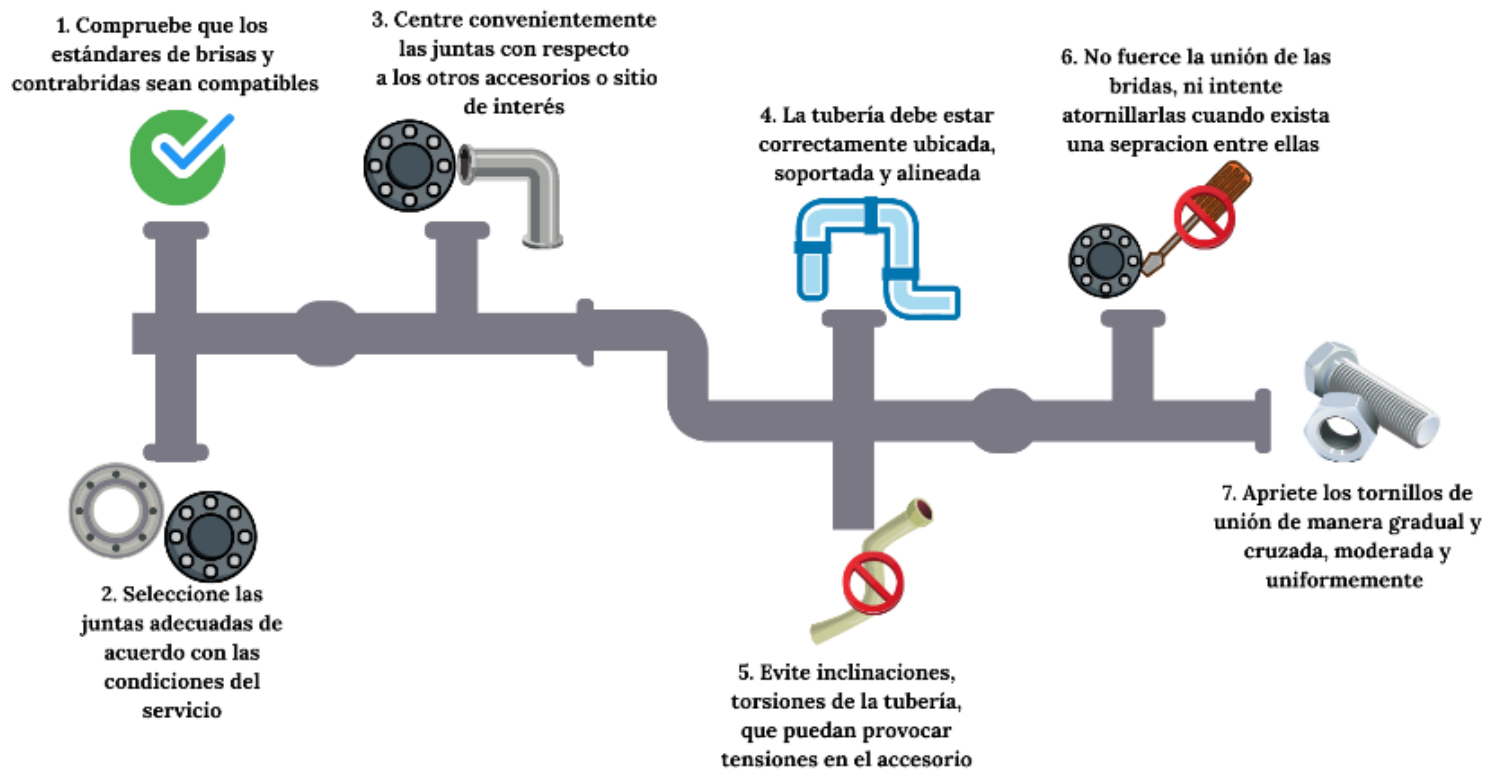


Figura 12. Instalación de válvulas con conexiones brida.

Fuente: Gutiérrez, (2021).

b) **Conexiones roscadas:**



Figura 13. Instalación de válvulas con conexiones roscadas.

Fuente: Gutiérrez, (2021).

NOTA:

La longitud de la rosca del tubo debe ser al menos 1 mm inferior a la del producto para evitar que el tubo interfiera con la parte interna. Se recomienda no superar los 30 Nm de par de apriete.

c) **Conexiones para soldar:** Los trabajos de soldadura deben realizarse de acuerdo con normas y procedimientos aprobados y siguiendo las medidas de seguridad adecuadas.

1. Compruebe la correcta alineación de la tubería.
2. Mantenga la válvula en posición cerrada durante el proceso.
3. Limpie cuidadosamente los extremos de válvula y tubería y anclar la válvula con 4 o más puntos de soldadura en cada extremo según tamaño y peso.
4. Retire los internos en caso de contener partes blandas susceptibles de ser dañadas por temperatura y volverlos a colocar sólo cuando la pieza se haya enfriado.
5. Tome las debidas precauciones para prevenir tensiones térmicas o sobrecalentamiento de la válvula durante el proceso.
6. En caso de tratamiento térmico postsoldadura (PWHT), la temperatura, su gradiente y tiempo de exposición deben ser controlados al mínimo requerido en función del material.
7. El tratamiento deberá aplicarse primero a un extremo y a continuación al otro extremo (no simultáneamente), y sólo a un área limitada en cada extremo, para limitar la exposición a la temperatura tanto en la propia zona de soldadura como en zonas adyacentes del cuerpo e internos de la válvula.
8. Un método apropiado es el uso de mantas cerámicas cubriendo la longitud del área a soldar más una longitud mínima determinada por el estándar de la tubería, siendo la zona cubierta la estrictamente necesaria.
9. Las resistencias eléctricas deben de ser colocadas de tal forma que se garantice una distribución uniforme del calor y se eviten puntos calientes.
10. Se debe mantener un permanente control y registro de la temperatura durante el proceso para no exceder los límites establecidos en el ciclo de temperatura. Así mismo, las zonas adyacentes han de ser monitorizadas para controlar las temperaturas alcanzadas.

Las válvulas actuador (piloto): Son aquellas válvulas cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: presión neumática, presión hidráulica o fuerza motriz eléctrica, para esto deberá seguirse el Manual específico del actuador.

CONSIDERACIONES

- 💧 Tener en cuenta además el peso y posición relativa del actuador para valorar la necesidad de soporte.
- 💧 Hay que asegurar que el actuador es del tipo apropiado de acuerdo con la válvula y servicio (factibilidad de adaptación, función a realizar, par de accionamiento adecuado para la válvula, velocidad adecuada, existencia de finales de carrera u otros elementos requeridos en la instalación, adecuación de sus características a las exigencias particulares del servicio, etc.).
- 💧 Consultar con nuestro Departamento Técnico para asesoramiento en su selección.
- 💧 Controlar su completa desconexión antes de la puesta en marcha.
- 💧 Evitar daños mecánicos en las superficies de cierre.
- 💧 La válvula puede ser bien unidireccional o bidireccional.
- 💧 Cuando la válvula se acciona hay un riesgo de aplastamiento entre la compuerta y el asiento del cuerpo. En caso de acceder al interior de la válvula asegurarse que la misma no se actúe.
- 💧 Cuando se utiliza la válvula como final de línea, utilizar una brida ciega a la salida. Cuando la válvula descarga a la atmósfera, proteger la zona de salida del flujo.
- 💧 Durante la colocación de la válvula en tubería, poner atención para que las manos no queden atrapadas.

INSTALACIÓN

Para realizar la instalación de las válvulas piloto se recomienda realizar los pasos indicados en la siguiente figura:

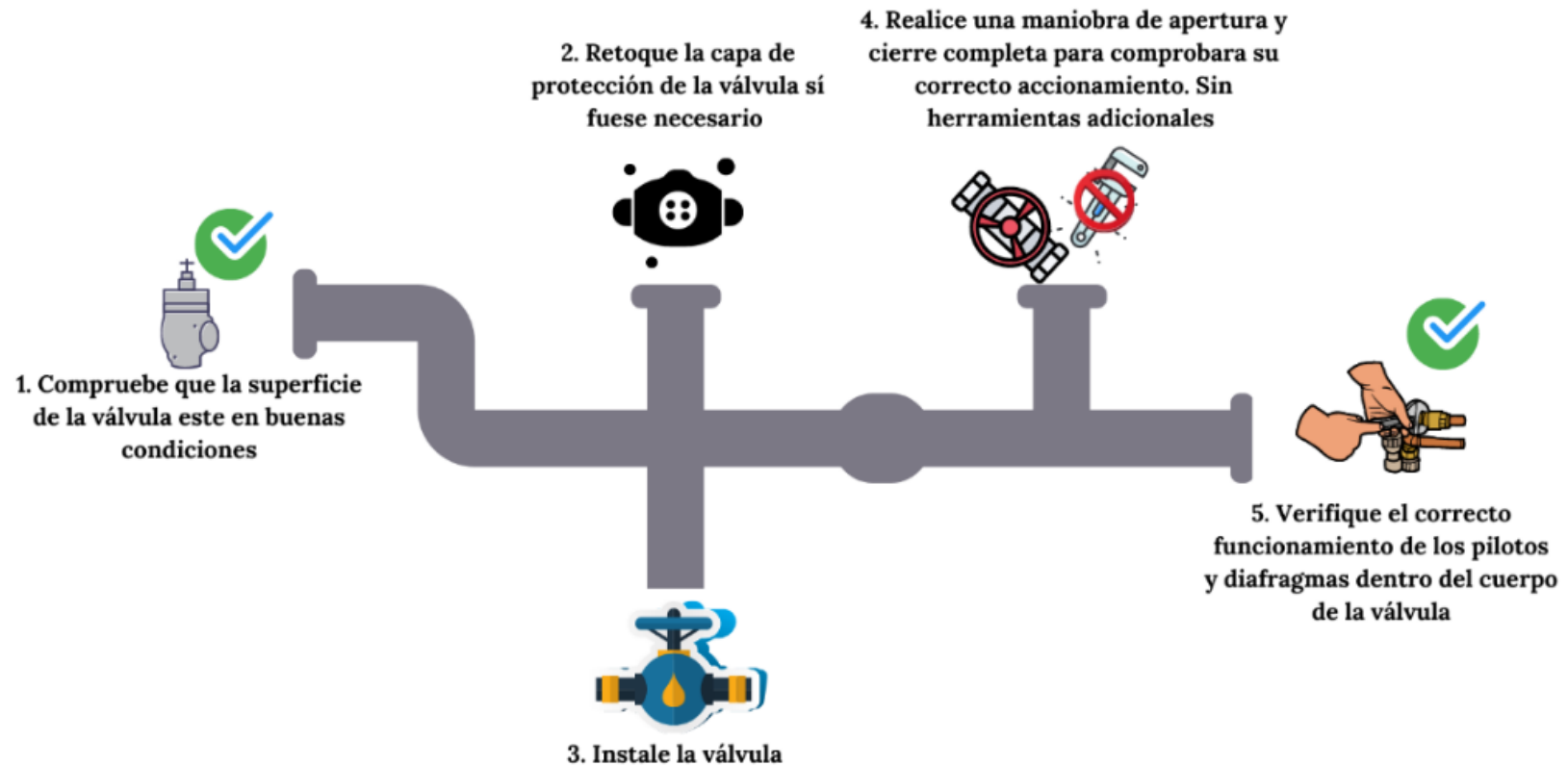


Figura 14. Instalación de válvulas piloto.

Fuente: Gutiérrez, (2021).

NOTA:

En caso de ser unidireccional: observar la flecha en el cuerpo para determinar la correcta situación del equipo con respecto al sentido de flujo. La posición de instalación recomendable es en tubería horizontal con el eje hacia arriba. Las válvulas de tamaños reducidos (hasta 2”)

pueden instalarse también en tubería vertical. Para válvulas mayores a 2" en tuberías verticales o con el eje perpendicular al suelo consultar con el fabricante.

Las **válvulas de aire o ventosas** se utilizan en acueductos, impulsiones y redes de agua y saneamiento, su presencia es indispensable por distintas razones, tales como; disminuir la presencia de aire disuelto en la tubería y permitir el ingreso de aire a la tubería cuando esta lo requiere.

CONSIDERACIONES

- El diámetro de la válvula se contempla según los siguientes casos: llenado de la tubería, en este caso se dimensiona las ventosas o válvulas de aire para que el caudal de agua que ingresa al sistema sea igual al caudal de aire a evacuar por la ventosa, y vaciado de la tubería, en este caso se dimensiona para que el caudal de agua que egresa sea reemplazado por aire para evitar el colapso por depresión de la cañería, el cálculo se realiza mediante la fórmula.
- Las válvulas de aire deben instalarse sobre una válvula de seccionamiento para permitir el mantenimiento con el sistema en operación.

INSTALACIÓN

Para realizar la instalación de las válvulas de aire se recomienda realizar los pasos indicados en la siguiente figura:

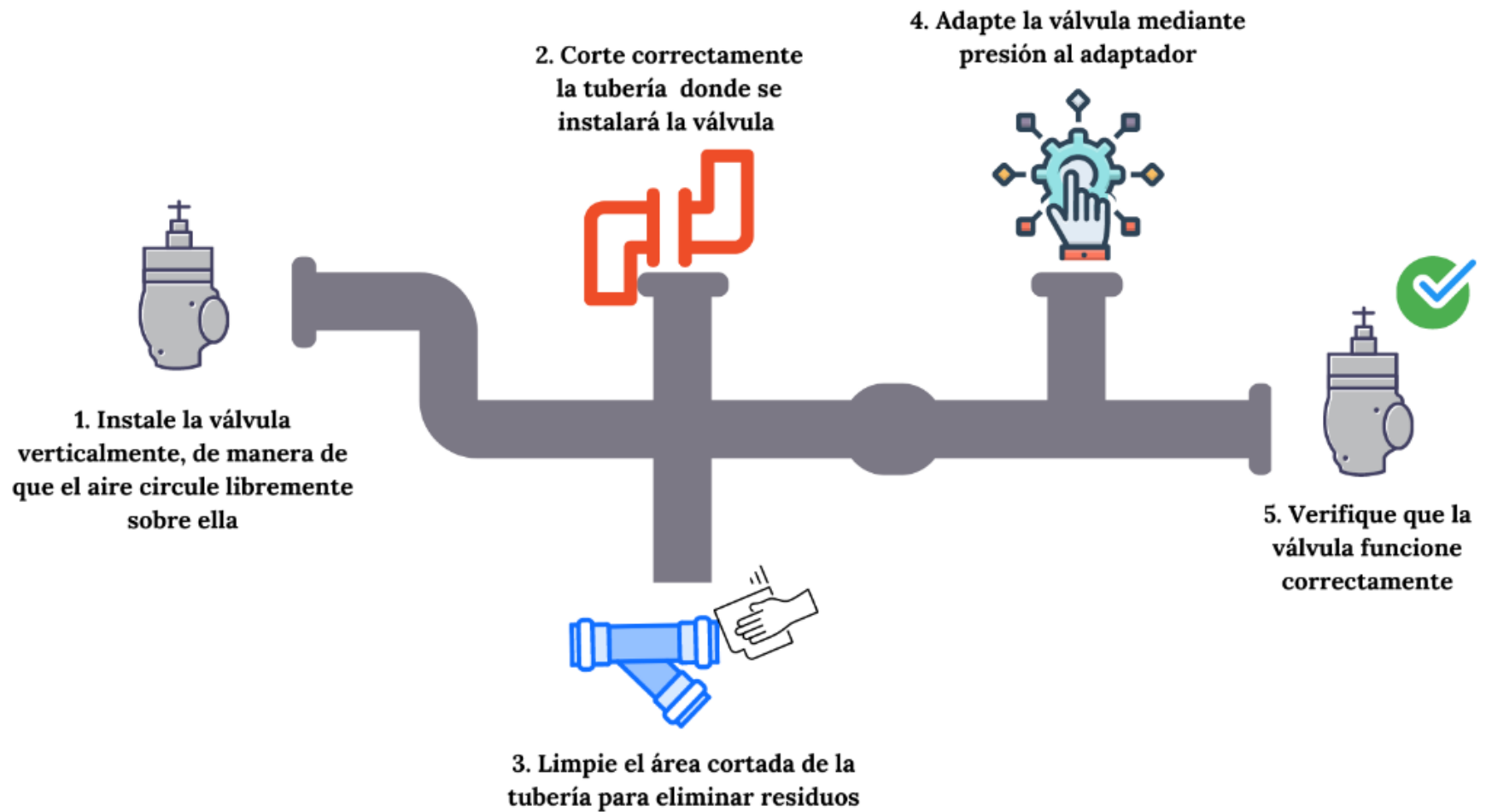


Figura 15. Instalación de válvulas de aire.

Fuente: Gutiérrez, (2021).

OTROS ACCESORIOS

Como accesorios complementarios al acueducto de agua potable se encuentra:

HIDRANTES

Dispositivo de emergencia y atención de incendios o toma de agua, diseñado para proporcionar un caudal considerable en caso de incendio. En Costa Rica existe un Manual de Disposiciones Técnicas al Reglamento de Seguridad Humana y Protección contra Incendios del Cuerpo de Bomberos de Costa



CONSIDERACIONES

Quien lleva a cabo la instalación Rica, Ley N8641, Decreto 35206, el cual tiene por objetivo regular la instalación, desarrollo, operación y mantenimiento de los hidrantes en el territorio nacional.

INSTALACIÓN

La ubicación y prioridad de instalación de hidrantes es realizada por: la Comisión Interinstitucional Ley de Hidrantes, quien establece en conjunto con el Benemérito Cuerpo de Bomberos y los Administradores de Acueductos.

CAPÍTULO III. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

El programa de mantenimiento hace énfasis a las actividades que se llevan a cabo dentro del acueducto para el mantenimiento del sistema. Se destacan actividades de limpieza, desinfección, entre otras.

OBJETIVO GENERAL

- 💧 Describir las actividades fundamentales para llevar a cabo el mantenimiento de las infraestructuras del acueducto de agua potable.

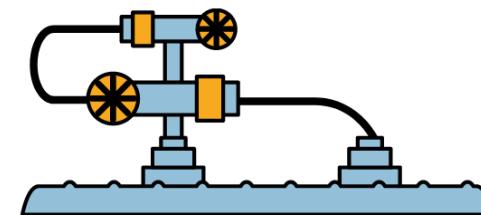
CONSIDERACIONES

- 💧 La descripción del proceso debe realizarla narrativa, cronológica y secuencialmente.
- 💧 En cada proceso debe definir, quién, cómo, cuándo y dónde se lleva a cabo.
- 💧 Se deben especificar los tiempos de duración.
- 💧 Debe explicar con claridad el objetivo de cada proceso.
- 💧 Coloque la frecuencia con la cual debe llevarse a cabo el proceso.

MANTENIMIENTO DE LAS INFRAESTRUCTURAS

POZOS

Los pozos al ser estructuras no expuestas, no son incluidos dentro del mantenimiento regular de todos los componentes del acueducto y las medidas que se toman son correctivas. En el cuadro 2, se presenta la frecuencia con la cual debe realizarle el mantenimiento en las fuentes subterráneas (pozos) de las ASADAS.



Cuadro 2. Frecuencia para el mantenimiento de pozos

Actividad	Frecuencia	Trabajo por realizar
PA-1	2 meses	Inspección y control
PA-2	3 meses	Limpieza de instalaciones e inspección de obras complementarias
PA-3	3 meses	Caseta de bombeo (obra civil y componentes eléctricos)
PA-4	6~16 meses	Desinfección de las instalaciones del pozo
PA-5	12 meses	Revisión del equipo de bombeo
PA-6	16 meses	Desarrollo y limpieza de pozo

Fuente: Reglamento de normas técnicas y procedimientos AyA, (2001).

PA-1 INSPECCIÓN Y CONTROL

Debido a que no es posible observar lo que está sucediendo dentro del pozo y particularmente en el área circundante a la rejilla, es indispensable llevar a cabo una inspección periódica, efectuando las determinaciones y mediciones necesarias para señalar los problemas que se están presentando dentro del pozo. De ser posible utilizar cámaras de inspección de pozos.



La información que deber ser obtenida en relación con el pozo, es la siguiente:

- 💧 Horario de bombeo y/o régimen de explotación.
- 💧 Capacidad específica y producción (caudal).

- 💧 Niveles estático y dinámico.
- 💧 Análisis de control operativo, físico-químico y bacteriológico (estos dos últimos según reglamento 38924-S).
- 💧 Abatimiento.
- 💧 Consumo de energía (*kWh*).
- 💧 Índice de consumo de energía (*kWh/m³*).

El registro de los niveles y su variación es importante para detectar el comportamiento del pozo y del acuífero. El nivel estático es determinado con un indicador de niveles y se denomina a la profundidad de la lámina de agua, cuando no se está extrayendo agua del pozo. El nivel dinámico nos indica la profundidad de la tabla de agua cuando el equipo está bombeando. Dicho nivel va a variar dependiendo de la jornada de bombeo y el caudal de explotación. El abatimiento se establece como la diferencia entre el nivel estático y dinámico (nivel de bombeo).

Variaciones importantes tanto en la producción, niveles de agua y consumo de energía, pueden ser evidencias de un problema de incrustación y/o un problema electromecánico en el equipo de bombeo. Para precisar si realmente el bajo rendimiento del pozo es debido a incrustaciones o depósitos, se debe, además, realizar un análisis de la calidad del agua.

Toda la información anterior, obtenida de las visitas de inspección y análisis de laboratorio, dará la pauta para establecer la necesidad y frecuencia de un desarrollo, limpieza y desinfección del pozo. Se debe incluir también una revisión de la zona adyacente al pozo para evitar focos de contaminación que provoquen una alteración en la calidad del agua, una limpieza alrededor de este, así como una inspección del sello sanitario para detectar fisuras y cambios en su pendiente.

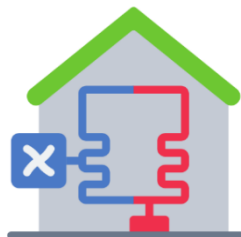
PA-2 LIMPIEZA DE INSTALACIONES E INSPECCIÓN DE OBRAS COMPLEMENTARIAS

Esta actividad, es aplicable a todas las áreas en que se ubican las unidades de tratamiento, consiste en mantener en condiciones óptimas las zonas verdes y jardines, contribuyendo a la buena imagen y estética de las instalaciones. Incluye la reparación de cercas o mallas para demarcar y proteger las instalaciones, pintura anticorrosiva en elementos metálicos (esto cuando su estado lo amerite) y el acondicionamiento de los caminos de acceso a la obra.



PA-3 CASETA DE BOMBEO.

Para el mantenimiento de la caseta, se debe revisar el estado de la obra en tres componentes:



Obra civil: techo, paredes, contrapiso, pintura, canoas, la seguridad y protección de esta, verificar que no existan grietas en la estructura. Además, debe realizarse un lavado del piso, evitando utilizarla para otros fines, como espacio para aprovisionamiento de materiales.

Instalación eléctrica: inspección minuciosa, su estado e intervención preventiva necesaria.

Tablero eléctrico, sistema de bombeo: verificar óptimo funcionamiento de los componentes eléctricos (supresor de picos, breaker, temporizadores, sensores de alto y/o bajo voltaje, control de niveles, contactores, relés, luces, bornes, selectores, entre otros), aspirar y sacudir el polvo acumulado y limpiar contactos y componente eléctricos (producto especial para dicha actividad).

PA-4 DESINFECCIÓN DE LAS INSTALACIONES DEL POZO.

Es recomendable ejecutar esta actividad posterior a una labor de desarrollo y limpieza del pozo. El objetivo de la desinfección es lograr la destrucción de todos los microorganismos patógenos, presentes en el pozo producto de las labores de construcción y terminado del mismo, así como de las labores de limpieza y desarrollo ejecutadas dentro del mantenimiento preventivo o correctivo. Es decir, la desinfección debe efectuarse después de cualquier labor de reparación o adecuación del pozo o equipo de bombeo y antes de ponerlo en operación nuevamente. El procedimiento recomendado es el siguiente:



Se prepara una solución de hipoclorito de calcio, al volumen de la columna del pozo hasta el nivel estático, con una concentración de 100mg/l.

- 💧 Para la preparación de la solución se recomienda su mezcla durante unos 20 minutos.
- 💧 El periodo de contacto en el pozo, se recomienda de dos a doce horas.
- 💧 Antes de restablecer el servicio, se debe bombear y eliminar el agua con exceso de cloro.
- 💧 Con una solución desinfectante, se lava también el brocal y toda la superficie del pozo.

PA-5 REVISIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO.



Esta actividad consiste en revisar el equipo de bombeo, de acuerdo con las instrucciones de los catálogos e instructivos de los fabricantes, para esto se recomienda un diagnóstico preliminar a través de un megger y según los resultados, se procede a extraer el equipo de bombeo sumergible, revisar y solucionar la deficiencia identificada, limpiar exteriormente la bomba, aceitar o engrasar las partes que lo ameriten, eliminar incrustaciones, cambiar empaques y otras piezas según revisión. Adicional, verificar y ajustar las tuercas, los pernos, tanto del equipo de bombeo de como de los accesorios y componentes de la cachera.

Los aspectos electromecánicos más detallados y relevantes están identificados en otras normas específicas, las cuales deben ser revisadas con los proveedores de los equipos y el fabricante.

PA-6 DESARROLLO Y LIMPIEZA DEL POZO.

Las labores de desarrollo y limpieza del pozo se realizan dependiendo del tipo de incrustación presente con diferentes agentes químicos que disuelven los materiales depositados en la rejilla.

Toda aplicación de algún producto químico en el pozo, debe ser certificado por la NSF/ANSI y/o norma equivalente. El proceso de aplicación tiene que ir acompañado por una agitación del volumen de agua dentro del pozo para la mezcla de la solución empleada y su máxima cobertura. Para ello existen varios procedimientos recomendados:

- 💧 Limpieza mecánica con pistón.
- 💧 Limpieza con agua a alta velocidad.
- 💧 Limpieza con aire comprimido.



adecuada

NACIENTES

En el cuadro 3, se presenta la frecuencia con la cual debe realizarle el mantenimiento en las fuentes subterráneas que afloran en la superficie (nacientes) de las ASADAS.



Cuadro 3. Frecuencia para el mantenimiento de nacientes.

Actividad	Frecuencia	Trabajo por realizar
CM-1	1 meses	Aforo de captaciones
CM-2	2 meses	Remoción de sedimentos y desinfección de estructuras
CM-3	2 meses	Revisión de válvulas y obras accesorias
CM-4	3 meses	Limpieza de las captaciones
CM-5	3 meses	Limpieza de instalaciones e inspección de obras complementarias

CM-6	6 meses	Inspección de captación y área adyacente
CM-7	12 meses	Reacondicionamiento general de la obra
CM-8	60 meses	Reconstrucción de la estructura

Fuente: Reglamento de normas técnicas y procedimientos AyA, (2001).

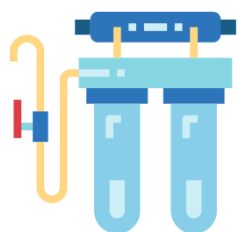
CM-1 AFORO DE CAPTACIONES.

Consiste en determinar el caudal que produce la naciente, así como la cantidad realmente aprovechada en el sistema de abastecimiento, para el control del sistema y la identificación de variaciones en la producción o el consumo del agua. Dependiendo de las condiciones y facilidades, el aforo puede ser ejecutado en la misma caja de captación o bien utilizar un tanque de reunión de varias nacientes o un tanque de almacenamiento.



CM-2 REMOCIÓN DE SEDIMENTOS Y DESINFECCIÓN DE ESTRUCTURAS.

Consiste en el cierre de la válvula de salida de la captación y la apertura de la válvula de limpieza, hasta que el material depositado en el interior de la caja sea totalmente eliminado. Si el material sedimentado no se elimina por completo, es necesario ingresar a la estructura con el fin de remover manualmente el remanente, aprovechar para lavar losas y paredes interiores con una solución de hipoclorito de sodio, eliminando suciedades y desperdicios. Debe considerarse el aumento temporal de la dosis de desinfección, en el respectivo punto, para contrarrestar la posible contaminación que se pueda presentar en el proceso de limpieza. De igual forma incluye la limpieza de materiales depositados en la zona superior de las estructuras de la captación, que puedan provocar daños en la misma estructura o contaminación de las nacientes. Además, se debe realizar la limpieza del área de acceso a la captación.



CM-3 REVISIÓN DE VÁLVULAS Y OBRAS ACCESORIAS.

Debe verificarse el adecuado estado de las válvulas, verificando el número de vueltas para abrir y/o cerrar, así como la facilidad para su manipulación. De detectarse anomalías en su funcionamiento, deberá revisarse el sistema de prensa-estopas, engrases, lubricación y la no existencia de sedimentos en el asiento. Debe inspeccionarse el estado de cajas y bocas de registro, tuberías y canales de limpieza, rebose, salida y pasos directos.



CM-4 LIMPIEZA DE LAS CAPTACIONES.

Se refiere a la extracción manual de materiales extraños tales como raíces, hojas u otros, dentro de las estructuras. Lavar losas y paredes interiores con una solución de hipoclorito de sodio, eliminando suciedades y desperdicios. Esta actividad es complementaria a la CM-2.



CM-5 LIMPIEZA DE INSTALACIONES E INSPECCIÓN DE OBRAS COMPLEMENTARIAS

Esta actividad tiene la misma connotación de la actividad descrita en la norma para tomas PA-02, descrita anteriormente.

CM-6 INSPECCIÓN DE CAPTACIÓN Y ÁREA ADYACENTE.

La actividad consiste en detectar en la captación, alrededores y la cuenca o área de recarga, focos contaminantes que deterioren potencialmente la calidad del agua. Debe revisarse el estado de drenajes de aguas superficiales, garantizando que éstas sean evacuadas a sitios seguros, de manera de evitar la contaminación en las captaciones y potenciales deslizamientos sobre la estructura. De igual forma debe inspeccionarse las obras de concreto, para detectar fisuras o hendiduras que tornen factible el deterioro de la estructura y la calidad del agua captada. En el recorrido de las áreas adyacentes y de la cuenca se debe localizar la presencia cercana de letrinas, drenajes sépticos, sitios de disposición de residuos, animales domésticos e instalaciones agropecuarias que, constituyen peligros potenciales o reales de contaminación de las aguas. Estas áreas de captaciones deben tener establecidas las zonas de protección sanitaria, en las cuales se debe vigilar su cumplimiento.



CM-7 REACONDICIONAMIENTO GENERAL DE LA OBRA.

Esta actividad incluye todas aquellas acciones tendientes a inducir mejoras en el estado y funcionamiento de la captación, como pintar las partes metálicas de la estructura, reparación de repellos y eliminar grietas en muros y losas de concreto. También comprende actividades atinentes para la reparación de obras complementarias, incluyendo las obras destinadas a la delimitación del área de captación.



CM-8 RECONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA.

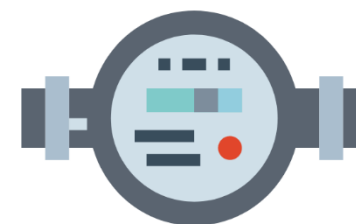
Esta actividad debe efectuarse de acuerdo con el estado y circunstancias de cada obra. Consiste en restaurar integralmente la captación y hasta donde sea posible, llevarla al inicio de un nuevo ciclo de operación en condiciones óptimas. De ser necesario, se debe llegar a la demolición total o parcial de lo construido, con la reposición de cajas, válvulas, sustitución o readecuación de drenajes, así como modificar todo aquello que dificulte la operación y adecuado uso de la obra.



MACROMEDIDORES

El mantenimiento de los medidores depende principalmente de la cantidad de agua que pasa por él y la calidad de esta.

En el cuadro 4 se muestra el mantenimiento de un medidor ultrasónico, se puede apreciar en la columna “Consumo acumulado para cambio m³” la cantidad de metros cúbicos máxima que debe tener un medidor sin revisión, y en la columna “Periodo estimado de vida útil en años” se puede identificar el tiempo máximo que debe tener un medidor sin realizar una revisión de mantenimiento.



Cuadro 4. Tiempo y volúmenes recomendado para dar mantenimiento a los medidores de hasta 50 mm (2”) de tipo velocidad chorro múltiple y volumétrico.

Diámetro		Capacidad máxima (m ³ /hr)	Consumo mensual recomendado (m ³)	Consumo acumulado para cambio (m ³)	Periodo estimado vida útil (años)
Milímetros (mm)	Pulgadas				
15	1/2"	3	< ó = a 100	3,000.00	7
19	3/4"	5	< ó = a 500	10,000.00	6
25	1"	7	< ó = a 1000	25,000.00	5
38	1 1/2"	20	< ó = a 1800	40,000.00	5
50	2"	30	< ó = a 2500	80,000.00	5

Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado, Laboratorio de Medición, (2016).

Para un correcto mantenimiento de un medidor electromecánico, se debe respetar lo indicado en el cuadro 5.

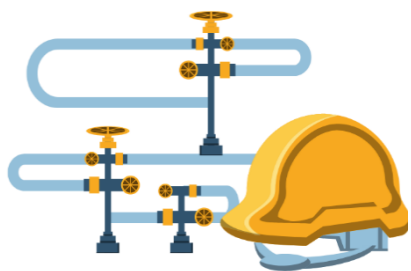
Cuadro 5. Tiempo y volúmenes recomendados para dar mantenimiento a los hidrómetros de 50mm a 150mm tipo velocidad chorro múltiple y volumétrico .

Diámetro		Capacidad máxima (m ³ /hr)	Consumo mensual recomendado (m ³)	Consumo acumulado para cambio (m ³)	Periodo estimado vida útil (años)
Milímetros (mm)	Pulgadas				
50	2"	30	< ó = a 6000	250,000.00	5
75	3"	80	< ó = a 18000	600,000.00	5
100	4"	120	< ó = a 30000	1,500,000.00	4
150	6"	300	< ó = a 70000	3,000.00	4

Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado, Laboratorio de Medición, (2016).

RED DE CONDUCCIÓN

Este grupo incluye todas las tuberías y canales utilizados para la conducción de aguas crudas o tratadas hasta el tanque de almacenamiento o al inicio de la red de distribución. Cuando de una conducción principal se derivan líneas destinadas a transportar agua a otros puntos del sistema, o bien aquellas que conducen agua de un tanque a otro, son conocidas las mismas como conducciones secundarias.



Dentro del grupo correspondiente a redes de conducción, se incluyen:

- a) Estructuras especiales de cruce de ríos y quebradas.
- b) Tanques disipadores de energía o quiebra gradiente.

- c) Válvulas especiales en la línea (de aire, limpieza, reguladoras de presión, etc.).
- d) Cajas de válvulas y accesorios.

En el cuadro 6, se presenta la frecuencia con la cual debe realizarle el mantenimiento de las obras de conducción de la ASADA.

Cuadro 6. Frecuencia de mantenimiento de obras de conducción.

Actividad	Frecuencia	Trabajo por realizar
OC-1	3 meses	Limpieza de la servidumbre de paso de las líneas de conducción
OC-2	3 meses	Mantenimiento de válvulas y limpieza de líneas de conducción y tanques de quiebra gradientes
OC-3	3 meses	Limpieza de instalaciones e inspección de obras complementarias
OC-4	12 meses	Inspección y mantenimiento general
OC-5	60 meses	Reposición de válvulas y tuberías dañadas

Fuente: Reglamento de normas técnicas y procedimientos AyA, (2001).

OC-1 LIMPIEZA DE LA SERVIDUMBRE DE PASO DE LAS LÍNEAS DE CONDUCCIÓN.

Consiste básicamente en la eliminación de la maleza, en una franja de un metro y medio (1.5m) de ancho a cada lado de la o las líneas de conducción. Adicionalmente limpiar la superficie e interior de las cajas de válvulas. Todo lo anterior con la finalidad de permitir una mejor localización y una adecuada inspección de la línea y obras accesorias, así como la prevención contra incendios.



OC-2 MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS Y LIMPIEZA DE LÍNEAS DE CONDUCCIÓN Y TANQUES QUIEBRA GRADIENTE.

La disminución del caudal en una línea de conducción se presenta por obstrucciones producidas por la presencia de aire o sedimentos, por lo que deberá verificarse la adecuada operación de las válvulas de admisión o expulsión de aire. En el caso de obstrucciones por sedimentos, se deben abrir las válvulas de limpieza por varios minutos, permitiendo su evacuación.



En el caso de válvulas especiales se deberá revisar que funcionen de acuerdo con los parámetros establecidos para la operación adecuada.

OC-3 LIMPIEZA DE INSTALACIONES E INSPECCIÓN DE OBRAS COMPLEMENTARIAS.

Esta actividad, es aplicable a todas las áreas en que se ubican las unidades de tratamiento y/o cajas de registro, consiste en mantener en condiciones óptimas las zonas verdes y jardines, contribuyendo a la buena imagen y estética de las instalaciones. Esta actividad incluye la reparación de cercas o mallas para demarcar y proteger las instalaciones, remoción de suciedad, pintura anticorrosiva en elementos metálicos (esto cuando su estado lo amerite) y el acondicionamiento de los caminos de acceso a la obra.



OC-4 INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO GENERAL

En esta actividad se deben detectar fallas potenciales, que puedan aumentar la vulnerabilidad de la estructura. Comprende los siguientes aspectos:



- a) Sobrepresiones en la tubería
- b) Fallas de anclajes
- c) Erosión y deslizamiento en el área de influencia de la línea de conducción y/o obras complementarias.
- d) Inspección, readecuación y reparación de estructuras especiales de cruce de ríos, quebradas o, paso de carreteras.

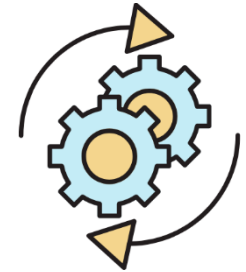
Las estructuras de paso de ríos y quebradas pueden ser de dos tipos:

- 💧 Pasos aéreos: En el caso de pasos aéreos, con estructura metálica rígida o tubería auto soportante, resulta importante las condiciones del apoyo o base, en los extremos de la tubería, así como el estado de esta.
- 💧 Pasos subterráneos: En los pasos subterráneos, la tubería atraviesa bajo el cauce de los ríos o quebradas protegida por una estructura de concreto o una camisa de acero. Se recomienda realizar inspecciones periódicas con el fin de determinar variaciones en el cauce del río hacia zonas no protegidas de la tubería.

Conviene recorrer el cauce y detectar cualquier factor que incida en la variación de su curso.

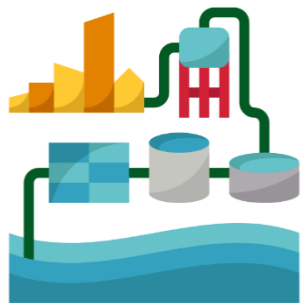
OC-5 REPOSICIÓN DE VÁLVULAS Y TUBERÍAS DAÑADAS.

Se refiere a la reconstrucción de la línea de conducción y elementos complementarios reparando, sustituyendo o relocalizando válvulas, puentes y la misma tubería cuando así se amerite. El objetivo de esta actividad es restaurar la obra de conducción a condiciones similares a las originales y eliminar cualquier tipo de fuga y/o rotura existente. También incluye pintura especial según el material, PVC o anticorrosiva para partes metálicas.



SISTEMA DE TRATAMIENTO

Proceso que debe llevarse a cabo, para realizar la potabilización del agua, con el fin de eliminar o volver inactivas cualquier impureza, que puedan ser perjudiciales para el bienestar y seguridad del consumidor. El principal sistema de desinfección que se lleva a cabo en las ASADAS es la cloración.



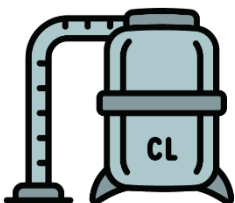
La desinfección consiste en la eliminación de microorganismos patógenos, siendo la aplicación del cloro el método más utilizado en aguas para consumo humano, debido especialmente a las siguientes ventajas:

- 💧 Eficiente, actuando en un tiempo razonable
- 💧 Bajo costo
- 💧 Fácil aplicación
- 💧 Efecto residual (perdura en el agua después de aplicarlo)
- 💧 Fácil de detectar
- 💧 No es tóxico al ser humano (en dosis bajas)
- 💧 No da olor ni sabor apreciable al agua (en dosis bajas)
- 💧 Se ha desarrollado una alta experiencia y tecnología en su uso y aplicación.

CLORACIÓN

La razón fundamental que avala la necesidad de desinfectar el agua destinada al consumo humano y uso doméstico es asegurar la inactivación, de estar presentes, de los agentes patógenos para el ser humano transmitidos por esta. El proceso de cloración puede llevarse a cabo mediante diversas maneras, tales como:

- ◆ Producción in situ: generación de hipoclorito de sodio a bajo concentración por medio de sal y electricidad, por lo tanto, es una alternativa compatible con el ambiente, cómoda y sencilla de llevar a cabo.
- ◆ Hipoclorito de calcio: este sistema de cloración puede ser cloro granulado o en pastilla, su acción es más lenta en relación con otro tipo de cloraciones, pero es más duradera.
- ◆ Gases oxidantes: se basa en la generación de cloro y otros gases oxidantes en una pila electrolítica de dos cámaras separadas por una membrana selectiva.
- ◆ Cloro gas: el cloro se almacena como líquido en recipientes presurizados y se inyecta como gas directamente en el agua (fuente), además es un proceso peligroso.



PRODUCCIÓN IN SITU

En el cuadro 7, se presenta la frecuencia con la cual debe realizarle el mantenimiento de la producción de cloro in situ del agua de la ASADA.

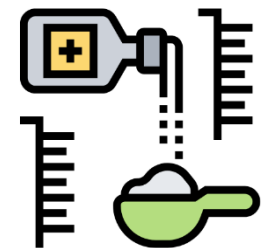
Cuadro 7. Frecuencia de mantenimiento para productores de hipoclorito de sodio.

Actividad	Frecuencia	Trabajo por realizar
CL-1a	Diario	Dosificación
CL-2a	Diario	Inspección y limpieza del equipo
CL-3a	Semanal	Limpieza de las celdas electrolíticas
CL-4a	Diario	Limpieza del tanque de salmuera y tuberías

Fuente: Reglamento de normas técnicas y procedimientos AyA, (2001).

CL-1A DOSIFICACIÓN.

Ajuste, si es necesario, la dosificación de cloro respecto al caudal distribuido y los resultados de las mediciones diarias de cloro residual libre en la red de distribución. Estas mediciones se efectúan con el colorímetro indicado en el capítulo x. El caudal de agua cruda de la fuente y el de la salmuera (agua cruda y sal roca) que se unifican para producir la solución que pasa por las celdas electrolíticas a un amperaje definido de la máquina, son variables dependientes del resultado de la dosificación.



CL-2A INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DEL EQUIPO.

Limpie el filtro de entrada del agua cruda proveniente de la fuente, mantenga y/o verifique un caudal constante y presión de entrada entre los 40 y 20 psi al equipo de cloración. Inspeccione el depósito de sal, complete si hace falta y compruebe la existencia de fugas en el sistema.



CL-3A LIMPIEZA DE LAS CELDAS ELECTROLÍTICAS

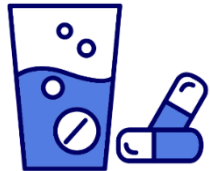
Limpiar las celdas electrolíticas por dentro, verificando el desprendimiento de toda incrustación u obstrucción que tengan, asegurando el flujo libre y continuo del agua a través de ellas. Esta limpieza se puede realizar con ácido clorhídrico al 10% y posteriormente un excelente enjuague que elimine 100% cualquier residuo de esta sustancia altamente tóxica.

CL-4A LIMPIEZA DEL TANQUE DE SALMUERA Y TUBERÍAS.

En la limpieza del tanque de salmuera, la salmuera se debe drenar y guardarla para ser utilizada posteriormente, remover y limpiar todas las mangueras que se conectan entre el ablandador - tanque - panel. Limpiar todo el sistema de la boya flotador. Limpiar el tanque y lavarlo con agua limpia. Inspeccionar el tablero o rectificador, principalmente el cableado, conexiones flojas y verificar que no haya fugas



HIPOCLORITO DE CALCIO



Este sistema de desinfección tiene la gran ventaja que en el caso de que la dosificación de cloro se realice por gravedad, no requiere de electricidad.

En el caso de cloro granulado, se prepara disolviendo una cantidad de cloro en agua y la solución está lista para ser inyectada al sistema, ya sea por gravedad o mediante bomba dosificadora.

Las pastillas de cloro, funcionan básicamente mediante el remojo de las que se encuentran en el fondo del clorador. Estas pastillas se van erosionando lentamente de acuerdo con el flujo de agua que se hace entrar al clorador, este flujo a la salida se dosifica al punto donde se realizará la desinfección.

En la figura 16, se muestra el esquema con pastillas de cloro y en el cuadro 8, se muestra la frecuencia de la cloración.

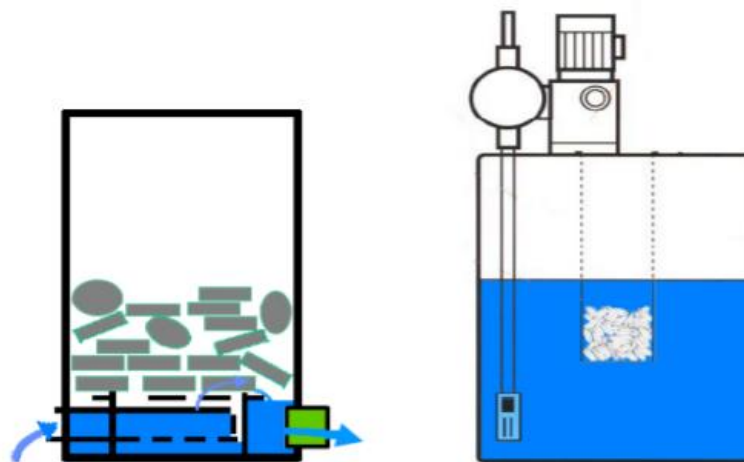


Figura 16. esquema con pastillas

Fuente: Marín, (2007).

Cuadro 8. Frecuencia mínima de cloración mediante hipoclorito de calcio.

Actividad	Frecuencia
Cloración	Debe ser permanente y debe ser de acuerdo con los resultados de la medición de cloro residual, puede ser semanal, quincenal o mensual.

Fuente: Quispe, (2018).

CONSIDERACIONES

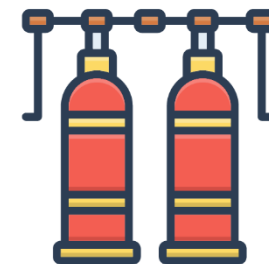
- 💧 Mantenga la bolsa que contiene el hipoclorito cerrada en forma hermética y encima de una tarima de madera.
- 💧 Coloque la bolsa en lugares secos, áreas techadas, frescas y ventiladas porque cuando se calienta por encima de los 100°, el hipoclorito se vuelve explosivo.
- 💧 Mantenga la bolsa lejos de materiales o productos inflamables como kerosene, gasolina, aceite. Evitar fumar, y prender fuego en el ambiente donde se almacena el cloro.
- 💧 No almacene por mucho tiempo, máximo por 60 días.
- 💧 Observe el estado de conservación del hipoclorito de calcio antes de utilizarlo.
- 💧 Si se presenta grumos, indica que está alterada la composición del cloro, está pasado, por tanto, debe desecharse.

MANIPULACIÓN

- 💧 Usar guantes
- 💧 Manipular en lugares con suficiente ventilación e iluminación.
- 💧 Cubrirse la nariz y la boca con mascarillas.
- 💧 Evitar contacto directo con la piel.
- 💧 Después del trabajo lavarse las manos con jabón y abundante agua a chorro.

GASES OXIDANTES

La aplicación de las actividades y frecuencias anotadas, dependen del tipo y modelo del equipo productor de cloro y que en algunos casos son excluyentes. En el cuadro 9, se presenta la frecuencia con la cual debe realizarle el mantenimiento para la cloración mediante gases oxidantes del agua de la ASADA.



Cuadro 9. Frecuencia de mantenimiento para gases oxidantes

Actividad	Frecuencia	Trabajo por realizar
CL-1b	2 días	Controlar concentraciones de sal y soda caustica
CL-2b	1 mes	Inspección del equipo clorador
CL-3b	6 a 9 meses	Reacondicionamiento general
CL-4b	Diario	Revisión del nivel de sal
CL-5b	Semanal	Revisión de dosificador
CL-6b	1 mes	Revisión general del equipo
CL-7b	4 meses	Limpieza general

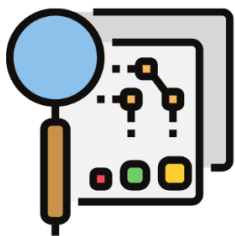
Fuente: Reglamento de normas técnicas y procedimientos AyA, (2001).

CL-1B CONTROLAR CONCENTRACIONES DE SAL Y SODA CÁUSTICA.

Si bien el control de las concentraciones de sal y soda cáustica son actividades propias de operación del equipo, es importante considerarlo como mantenimiento preventivo por las repercusiones que se puedan presentar en el mismo. Se debe llevar un control de los niveles en el ánodo y cátodo y sus concentraciones.

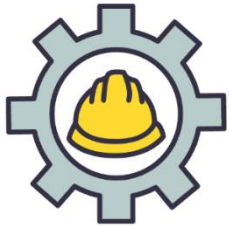
CL-2B INSPECCIÓN DEL EQUIPO CLORADOR.

Requiere la inspección del equipo clorador y su limpieza. Incluye la limpieza de la membrana con agua, no se debe rasguñar, ni usar ningún objeto puntiagudo, ni cepillo para la limpieza. Usar un lubricante para los



electrodos del equipo. Cepillar y lubricar los tornillos de los flanger, así como verificar si las platinas del cátodo y ánodo se encuentran en buen estado y así evitar la corrosión, en el cátodo por la potasa y en el ánodo por la sal.

CL-3B REACONDICIONAMIENTO GENERAL.



Reemplazo total de la membrana, limpieza total del equipo y la revisión de su estado general. Revisar los contactores de los cables. Revisar los datos históricos de la variación del amperaje; esta variación puede reflejar una mala utilización de las concentraciones en el ánodo y cátodo.

CL-4B REVISIÓN DEL NIVEL DE SAL

Se debe revisar el nivel de sal en el tanque, no puede ser menor de 30 centímetros.

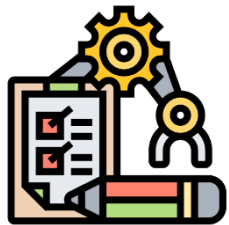
CL-5B REVISIÓN DE DOSIFICADOR

Cuide que la presión de entrada de agua esté entre 25 y 100 PSI. Revisar que no haya fugas en mangueras y tuberías y si se observa goteo en la celda, se aprietan los tornillos del perímetro. Se procede a apagar el equipo y se verifica que estén limpios los orificios del ánodo y cátodo.



CL-6B REVISIÓN GENERAL DEL EQUIPO

Verifique que el voltaje de entrada de la fuente de poder sea el correcto. Revisar que funcionen los interruptores del flotador del tanque. Probar los flujos del ánodo y cátodo que sean de 20 y 10 (GPH) galones por hora respectivamente, si se varía en más de 3 GPH se debe revisar la línea afectada y que el orificio no tenga obstrucciones.



CL-7B LIMPIEZA GENERAL

Limpie los tanques de salmuera, de solución de cloro producido y del filtro de salmuera o si fuera el caso su reemplazo. Inspeccionar el cableado de la fuente de poder y verificar que la temperatura de la alimentación esté entre 10 y 27°C.



CLORO GAS



En el cuadro 10, se presenta la frecuencia con la cual debe realizarle el mantenimiento para la cloración mediante cloro gas del agua de la ASADA.

Cuadro 10. Frecuencia de mantenimiento para cloro gas.

Actividad	Frecuencia	Trabajo por realizar
CL-1c	Diario	Comprobación de fugas
CL-2c	1 mes	Limpieza general
CL-3c	3 meses	Limpieza de eyector
CL-4c	6 Meses	Revisión general del equipo

Fuente: Reglamento de normas técnicas y procedimientos AyA, (2001).

CL-1C COMPROBACIÓN DE FUGAS

Compruebe la existencia de fugas de cloro en los siguientes puntos: válvulas del cilindro, la arandela entre el clorador y la válvula de cilindro. Revisar las mangueras y el filtro de entrada al clorador



CL-2C LIMPIEZA GENERAL

Limpie el rotámetro por dentro hasta que la bola del mismo suba y baje libremente. Desarmar y limpiar el asiento de la válvula de entrada al dosificador, esta válvula se sumerge en thinner o acetona, el asiento debe estar libre de suciedad y sin rayones. Limpiar la válvula de ajuste en la parte superior del clorador.



CL-3C LIMPIEZA DE EYECTOR

Desarme y limpie el eyector o difusor, para remover la suciedad.

CL-4C REVISIÓN GENERAL DEL EQUIPO

Realizar una revisión general del equipo para detectar algún daño o deterioro de este. Desarmar y revisar el diafragma del clorador.



TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Los tanques de almacenamiento son estructuras concebidas, diseñadas y construidas para cumplir las siguientes

funciones:

- Compensar y atender las variaciones horarias de caudal, garantizando la continuidad en el abastecimiento.
- Mantener presiones de servicio, adecuadas en la red de distribución.
- Proveer una reserva para atender incendios y emergencias.



de la ASADA.

En el cuadro 11, se presenta la frecuencia con la cual debe realizarle el mantenimiento del tanque de almacenamiento

Cuadro 11. Frecuencia de mantenimiento de tanques de almacenamiento

Actividad	Frecuencia	Trabajo por realizar
TA-1	3 meses	Limpieza de instalaciones e inspección de obras complementarias
TA-2	6 meses	Limpieza de sedimentos sin ingresar al interior
TA-4	12 meses	Limpieza, desinfección y revisión de válvulas
TA-5	24 meses	Reacondicionamiento general
TA-6	60 meses	Reconstrucción de la estructura

Fuente: Reglamento de normas técnicas y procedimientos AyA, (2001).

TA-1 LIMPIEZA DE INSTALACIONES E INSPECCIÓN DE OBRAS COMPLEMENTARIAS

Esta actividad, es aplicable a todas las áreas en que se ubican en el tanque de almacenamiento y sus obras complementarias, consiste en mantener en condiciones óptimas las aceras, zonas verdes y jardines, contribuyendo a la buena imagen y estética de las instalaciones. Esta actividad incluye la reparación de cercas o mallas para demarcar y proteger las instalaciones, pintura anticorrosiva en elementos metálicos (esto cuando su estado lo amerite) y el acondicionamiento de los caminos de acceso a la obra.



TA-2 LIMPIEZA DE SEDIMENTOS SIN INGRESAR AL INTERIOR.

Esta actividad se refiere a la remoción de sedimentos con la apertura de la válvula de limpieza, sin necesidad de que una persona se introduzca en el interior del tanque. Esta modalidad de limpieza de sedimentos no requiere de una desinfección como complemento, ni tampoco implica necesariamente interrumpir el servicio de agua a la población, siempre y cuando, se utilice el “By Pass” paso directo obviándose el paso del flujo por el tanque.



TA-3 LIMPIEZA, DESINFECCIÓN Y REVISIÓN DE VÁLVULAS.

Esta actividad requiere el ingreso de personal (con equipo de protección) al interior de la estructura para eliminar depósitos e incrustaciones en paredes y fondo del tanque. Posteriormente se realizará una desinfección del depósito empleando compuestos de cloro, cuyas concentraciones deben tomar en cuenta el tiempo posible de contacto:

- Concentración 2g de cloro por m³ de agua con una permanencia mínima de 10 horas.
- Concentración de 20g de cloro por m³ de agua con permanencia no mayor de 2 horas.



TA-4 REACONDICIONAMIENTO GENERAL.

Incluye las acciones necesarias para proteger, mejorar el aspecto y el funcionamiento de la obra, como pintar las partes metálicas de la estructura y eliminar grietas en muros y losas de concreto. En tanques metálicos prevenirse la corrosión, para ello se debe limpiar la estructura con el método apropiado dependiendo de las condiciones de deterioro, luego se utilizarán pinturas anticorrosivas; en el caso de la pintura interior del tanque, debe pintar con una capa de pintura anticorrosiva y dos capas de pintura apropiada para el contacto con el agua potable, de acuerdo con lo establecido en las normas de la American Water Works Association (AWWA).



debe
se

TA-5 RECONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA.



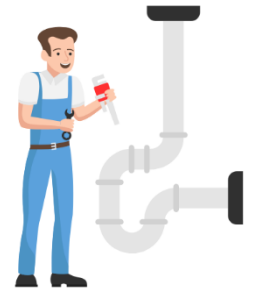
Consiste en la inspección detallada de la estructura y restaurarla integralmente y hasta donde sea posible, llevarla al inicio de un nuevo ciclo de vida útil. De ser necesario, la reposición de cajas, válvulas, sustitución o readecuación de drenajes, así como modificar todo lo que dificulte la operación, control y adecuado uso de la obra.

REDES DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución, es el conjunto de tuberías e instalaciones que distribuyen el agua desde el tanque de almacenamiento hasta los puntos de consumo. Las redes se componen de:

- ◆ Anillos y ramales de tubería
- ◆ Previstas y conexiones domiciliarias
- ◆ Válvulas e hidrantes

En el cuadro 12, se presenta la frecuencia con la cual debe realizarle el mantenimiento de la red de distribución de la ASADA.



Cuadro 12. Frecuencia de mantenimiento de red de distribución

Actividad	Frecuencia	Trabajo por realizar
RD-1	2 meses	Inspección del medidor y caja de protección
RD-2	3 meses	Inspección general de válvulas especiales
RD-3	12 meses	Limpieza externa de medidores y caja de protección
RD-4	12 meses	Inspección general
RD-5	60 meses	Sustitución del medidor
RD-6	Variable	Sustitución de tubería
RD-7	Variable	Actualización de planos

Fuente: Reglamento de normas técnicas y procedimientos AyA, (2001).

RD-1 INSPECCIÓN DEL MEDIDOR Y CAJA DE PROTECCIÓN.



Se debe inspeccionar el estado del medidor y de la caja de protección. Además, se debe manipular la llave de paso, comprobar su funcionamiento y detectar la presencia de fugas visibles.

RD-2 INSPECCIÓN GENERAL DE VÁLVULAS ESPECIALES.

Se debe dar mantenimiento a las válvulas especiales (reguladoras de presión, reguladoras de flujo, de compuerta, aire etc.) y para ello se debe verificar que se estén operando, a las presiones y parámetros



indicados para su funcionamiento, de no ser así se debe verificar que la válvula esté libre de obstrucciones, hacer revisión de diafragmas, conexiones entre pilotos y proceder a su calibración.

Las válvulas de compuerta que se utilizan en las redes deben trabajar cerradas o abiertas, en caso contrario deben reemplazarse por válvulas de globo.

RD-3 LIMPIEZA EXTERNA DE MEDIDORES Y CAJAS DE PROTECCIÓN.

Esta actividad consiste en la limpieza exterior e interior del medidor y área circundante de la caja de protección, dejándolo en condiciones óptimas para su lectura.

RD-4 INSPECCIÓN GENERAL.

Para el caso de los pasos elevados y tubería expuesta, se deben realizar las siguientes actividades:

- ◆ En lo que respecta a válvulas se deben operar, abriéndolas y cerrándolas, registrando el número de vueltas, la dirección de apertura y cierre y la dificultad en su manipulación. De disponer acceso directo a ellas se debe revisar el estado de la prensa estopas, engranajes, eje y compuerta. Debe revisarse el estado de las cajas de las válvulas y los cubre válvulas.
- ◆ Se debe procurar el libre acceso a los receptáculos donde se encuentran las válvulas y limpiarse para proceder al fácil manipuleo de estas. Se deben reponer tapas o cuerpos dañados de cubre válvulas y elevación de estos en caso de recarpeteo.

RD-5 SUSTITUCIÓN DEL MEDIDOR

Consiste en la reposición del medidor, cuando este haya cumplido con una lectura acumulada de 3000m³ o en su defecto a los cinco años. El medidor sustituido deberá ser valorado para eventual mantenimiento en el Laboratorio.

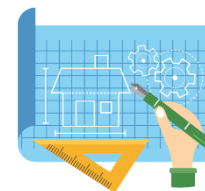


RD-6 SUSTITUCIÓN DE TUBERÍA.

Esta labor consiste en la sustitución de las tuberías que vayan cumpliendo con su vida útil, tanto por el estado de los materiales como por su capacidad. En esta actividad se debe priorizar la sustitución de las tuberías de Hierro Galvanizado y Asbesto Cemento. Se debe incluir en esta actividad las tuberías de las previstas y las correspondientes válvulas de la red.

RD-7 ACTUALIZACIÓN DE PLANOS.

Cada vez que se efectúen modificaciones en las redes o conducciones se debe realizar un esquema indicando ubicación y la modificación efectuada, mostrando accesorios, diámetros y materiales para ser incluidos en los planos.



LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE TUBERÍAS

- ◆ Programe de manera previa el sector donde se va a realizar la limpieza y desinfección de la tubería, con previo aviso a la comunidad.
- ◆ La limpieza de la tubería existente se efectuará por medio de lavado con agua y deberá ejecutarse cada año.
- ◆ Preferiblemente efectuar estos trabajos por horas de la noche, de manera que una vez terminada la misma, exista el tiempo suficiente para adecuar la red de distribución a las condiciones normales deservicio.
- ◆ Las tuberías deberán desinfectarse por medio de hipoclorito de sodio.
- ◆ El hipoclorito deberá mantenerse en la tubería por un periodo no inferior a 24 horas.
- ◆ Después de la cloración, el sector se lavará cuidadosamente, hasta que el agua tenga la misma calidad que la del sistema en servicio.

- ◆ Utilizando hipoclorito de sodio, este deberá disolverse primero en una cantidad de agua suficiente para formar una pasta, la cual diluirá en más agua hasta formar una solución aproximada de 2.5% (25.000 partes por millón), antes de introducirla en las tuberías. La preparación de la solución al 2.5% requerirá un (1) kilo de hipoclorito por cada veinticinco (25) litros de agua.
- ◆ La toma de muestras y los exámenes bacteriológicos serán indispensables después de la operación de desinfección y lavado.

NOTA:

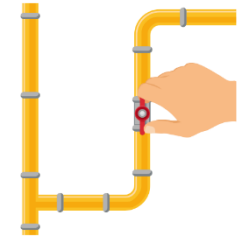
Lo anterior se complementa en el capítulo 2, título “Reparación de tubería PVC o PEAD”.

MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS

El operador ha de definir el mantenimiento y sus intervalos para cumplir con los requisitos establecidos:

- ◆ Compruebe que el cuerpo se mantenga estancado, al cierre y en sus conexiones durante el servicio, así como la correcta operación de la válvula sin necesidad de uso de extensiones u otros útiles para su accionamiento.
- ◆ Mantenga limpias y protegidas con grasa las superficies mecanizadas expuestas cuando sea necesario.
- ◆ Engrase periódicamente a través de su engrasador.
- ◆ En caso de fuga entre cuerpo y bonete, desmontar el bonete, limpie las superficies de unión y colocar una nueva junta. Apretar pernos de unión de manera gradual y cruzada, moderada y uniforme.

- ◆ Si la válvula no estanca al cierre, retirar el bonete, limpie las superficies de cierre de compuerta y asiento, o cambiar la compuerta o la válvula en caso necesario.
- ◆ Una vez finalizados los trabajos asegurar que no quedan impurezas y volver a ensamblar cuerpo y bonete usando nueva junta y con apriete de pernos gradual y cruzado, moderado y uniforme.
- ◆ En caso de fuga por el eje a través de la empaquetadura que no ha podido ser corregida por reapriete de los pernos de la estopada en servicio, retirar la prensa de la estopada y los anillos de empaquetadura evitando rayar el eje; comprobar la superficie del eje y limpiar cuidadosamente o cambiar el mismo si está rayado o dañado; colocar nuevos anillos de empaquetadura originales en su posición correcta y volver a colocar el prensa, apretando de modo moderado sus pernos de unión, para apretar gradualmente si fuese necesario durante la puesta en marcha.
- ◆ Algunos modelos cuentan con asiento posterior, de modo que la válvula completamente abierta previene el paso de fluido a través del eje, lo que permite el cambio de la empaquetadura en línea sin vaciar la instalación.
- ◆ No obstante, antes de su uso comprobar que la válvula conserva esta funcionalidad. En cualquier caso, siempre como paso previo despresurizar y esperar hasta que se enfríe la instalación, e incluso vaciar completamente.
- ◆ Para válvulas con fuelle, una fuga por el eje implica que el fuelle está roto, por lo que se debe proceder al cambio de unidad y comprobar las causas que han podido suscitar la avería (golpes de ariete, fatiga por ciclos, alta velocidad, vibraciones, par de accionamiento muy elevado, etc.).
- ◆ Entre tanto, apretar la empaquetadura de seguridad si existe para minimizar la fuga.
- ◆ Programe de manera previa el mantenimiento de las diferentes válvulas
- ◆ Establezca los registros del mantenimiento o reparaciones de válvulas



- ◆ Es recomendable que, para cada una de las válvulas existentes en el sistema, tenga una tarjeta u hoja de registro en la que además de indicar su ubicación, se consigne el número de vueltas, sentido de rotación, estado en que se encuentra y fechas de las reparaciones efectuadas
- ◆ Revise el funcionamiento de las válvulas haciendo girar lentamente; para evitar el golpe de ariete; las válvulas deben abrir o cerrar fácilmente. No olvidar dejar la válvula tal como se encontró abierta o cerrada.
- ◆ Abra y cierre totalmente cada válvula varias veces, con el fin de eliminar los depósitos acumulados en el asiento de la compuerta.
- ◆ En las válvulas que presentan fugas por la contratuerca superior, observe si la fuga de agua se debe a que se ha aflojado la contratuerca, en cuyo caso ajústela o si se debe al desgaste de la estopa, proceder al cambio respectivo.
- ◆ Si hay dificultad en el manejo de la válvula o si hay fugas que no se eliminan apretando el prensa-estopa, verifique el estado de la empaquetadura y si fuera necesario se deberá de reemplazar.
- ◆ Verifique que los pernos y tuercas estén suficientemente apretados para evitar fugas.
- ◆ Ponga kerosene o aceite de baja viscosidad entre el vástago y la contratuerca superior, esto facilitará su manejo.
- ◆ Revise el estado del vástago o eje del tornillo, observando si se encuentra torcido o inmovilizado debido al oxido. Cambiar la pieza si fuese necesario.
- ◆ Pinte o retoque con pintura anticorrosiva, las válvulas y accesorios que estén a la vista en la red de distribución. Pintura certificada NSF.
- ◆ Inspeccione las cajas de las válvulas observando si hay filtraciones, destrucciones externas, empozamiento alrededores de ellas, tierra acumulada sobre las cajas, candados o elementos de cierre en mal estado.
- ◆ Por lo menos una vez al mes limpiar y revisar las cajas de válvulas e inspeccionar las vías en que se encuentra enterrada la red de distribución, con el fin de detectar fugas u otras anomalías.

MANTENIMIENTO DE HIDRANTES

Se debe realizar una limpieza general del lugar, para lo cual se deberá contar con una motoguadaña, machete, pinzas diseñadas para remover basura, objetos, piedras y cualquier otro elemento que se encuentre alojado en la caja o cubre válvula sin necesidad de realizar excavaciones.



Se deberá pintar los hidrantes, y antes de la aplicación del tratamiento primario o la pintura de acabado se solicita que la superficie del hidrante esté libre de impurezas y otros elementos que afecten la adherencia e impidan que la apariencia final después de la aplicación de la pintura de acabado sea la adecuada. Establecer dentro del cronograma el mantenimiento de los hidrantes.

- ◆ Deje registro del mantenimiento realizado a cada uno de los hidrantes.
- ◆ Cierre la válvula localizada antes del hidrante.
- ◆ Desarme el hidrante por la parte superior.
- ◆ Saque el sello utilizando la llave apropiada para la reparación de hidrantes.
- ◆ Reemplace el sello, usando siempre repuestos originales.
- ◆ Arme nuevamente el equipo.
- ◆ Lubrique con grasa especial o sebo animal.
- ◆ Abra la válvula colocada antes del hidrante.
- ◆ Revise la operación y fugas, y se corrige cualquier falla que se presente por mínima que sea.
- ◆ Los hidrantes deberán ser purgados cada tres meses para eliminar sedimentos y garantizar su debido funcionamiento.

Lo anterior se complementa en el capítulo 2, título “Hidrantes”.

CAPÍTULO IV. SEGURIDAD DEL AGUA

En esta sección se describen los análisis físico-químicos que se deben realizar al agua sí como su frecuencia, con la finalidad de garantizar y asegurar no solo la calidad sino también la cantidad de este.

OBJETIVO GENERAL

- 💧 Describir los análisis físico-químicos que se deben llevar a cabo para resguardar la seguridad y la calidad del recurso hídrico en el acueducto de agua potable.

CONSIDERACIONES

- 💧 Este control le corresponde a la ASADA.
- 💧 Deben realizarse mediciones periódicamente de los parámetros: turbiedad, olor, sabor y cloro residual libre.
- 💧 Es necesario contar con el equipo básico de laboratorio para el monitoreo en cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes y red de distribución.
- 💧 Se debe llevar el control de los resultados mediante una bitácora.

NOTA:

Los valores de alerta y máximos admisibles se indican en el cuadro 13, 14, 15 y 16. La frecuencia de muestreo y número de muestras a recolectar para los análisis físico-químicos, se indican en el cuadro 17.

CONTROL OPERATIVO

El ente operador de un sistema de acueducto de agua potable debe llevar a cabo un control para monitorear permanente y sistemáticamente la calidad del abastecimiento del agua potable. Con la finalidad de tomar acciones correctivas inmediatas en la operación del acueducto.



En el cuadro 13, se presentan los parámetros de calidad del agua potable establecidos por el Reglamento para la Calidad de Agua potable, Decreto 38924-S, con los cuales debe de cumplir la ASADA.

Cuadro 13. Parámetros de calidad de agua.

Parámetros de aceptabilidad	Unidad	Valor Alerta (VA)	Valor Máximo Admisible (VMA)
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	-	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
Sabor	-	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
pH ^(a)	Valor pH	6,0	8,0
Cloro residual libre ^(a)	mg/L	0,3	0,6 ^{(b) (c)}

Fuente: Reglamento para la Calidad de Agua potable, Decreto 38924-S, (2015).

^(a) Para los parámetros de pH y cloro residual libre, se establece rangos permisibles y no VA ni VMA.

^(b) Se permitirá valor máximo de cloro residual libre de 0,8 mg / L en no más del 20 % de las muestras medidas.

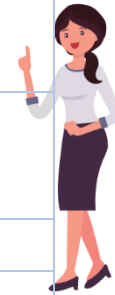
^(c) En situaciones de emergencia calificadas como tal por el Ministerio de Salud se permitirá una concentración de cloro residual libre de 0,8 mg/L en los puntos de muestreo medidos en la red de distribución.



En el cuadro 14, se presentan los parámetros de calidad del agua del nivel primario (N1), establecidos por el Reglamento para la Calidad de Agua potable, Decreto 38924-S, con los cuales debe de cumplir la ASADA.

Cuadro 14. Parámetros de Calidad del Agua Nivel Primero (N1).

Parámetro	Unidad	Valor Alerta (VA)	Valor Máximo Admisible (VMA)
Color aparente	μU-Pt-Co	<5	15 ^(c)
Conductividad	S/cm UFC/100ml	400	-
<i>Escherichia coli</i>	NMO/100ml o UFC/100ml	No detectable ^(c)	No detectable ^(c)
Cloro residual libre ^(a)	mg/L	0,3	0,6 ^(d, e)
Cloro residual combinado ^{(a) (b)}	mg/L	1,0	1,8



Fuente: Reglamento para la Calidad de Agua potable, Decreto 38924-S, (2015).

^(a) Para los parámetros de pH, temperatura, cloro residual libre y cloro residual combinado, se establece rangos permisibles y no VA ni VMA

^(b) Solo en el caso que el residual del cloro se encuentre en forma combinada o se esté dosificando cloro en la forma de cloramina (cloro-amoniaco).

^(c) No detectable (N.D): de acuerdo con el límite de detección del Método.

(d) Se permitirá valor máximo de cloro residual libre de 0,88mg/L en no más del 20% de las muestras medidas.

(e) En situaciones de emergencia calificadas como tal por el Ministerio de Salud se permitirá una concentración de cloro residual libre de 0,8mg/L en los puntos de muestro medidos en la red de distribución.

En el cuadro 15, se presentan los parámetros de calidad del agua del nivel segundo (N2), establecidos por el Reglamento para la Calidad de Agua potable, Decreto 38924-S, con los cuales debe de cumplir la ASADA.

Cuadro 15. Parámetros de Calidad del Agua Nivel Segundo (N2).

Parámetro	Valor Alerta (VA) mg/L	Valor Máximo Admisible (VMA) mg/L
Aluminio (Al ⁺³)	---	0,2
Calcio (Ca ⁺²)	---	100
Cloruro (Cl ⁻)	25	250
Cobre (Cu)	1,0	2,0
Dureza Total (CaCO ₃)	300	400
Fluoruro (F)	---	0,7 a 1,5 ^(a)
Hierro (Fe)	---	0,3 ^(b)
Magnesio (mg ⁺²)	30	50
Manganeso (Mn)	0,1	0,5 ^(b)
Potasio (K ⁺)	---	10
Sodio (Na ⁺)	25	200
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	25	250
Zinc (Zn)	---	3,0



Fuente: Reglamento para la Calidad de Agua potable, Decreto 38924-S, (2015).

^(a) 1.5 mg/L para temperatura de 8 a 12C y 0,7 mg/L para temperatura de 25 a 30 C.

^(b) En aguas subterráneas, donde se encuentran dos metales, el VMA (FE +MN) es 0,3mg/l.

En el cuadro 16, se presentan los parámetros de calidad del agua del nivel tercero (N3), establecidos por el Reglamento para la Calidad de Agua potable, Decreto 38924-S, con los cuales debe de cumplir la ASADA.

Cuadro 16. Parámetros de Calidad del agua Nivel Tercero (N3).

Parámetro	Valor Alerta (VA) mg/L	Valor Máximo Admisible (VMA) mg/L
Amonio (NH₄⁺)	0,05	0,5
Antimonio (SB)	---	0,005
Arsénico (AS)	---	0,01
Cadmio (Cd)	---	0,003
Cianuro (CN)	---	0,07
Cromo (Cr)	---	0,05
Mercurio (Hg)	---	0,001
Niquel (Ni)	---	0,02
Nitrato (NO₃⁻)	25	50
Nitrito (NO₂⁻)	---	0,1
Plomo (Pb)	---	0,01
Selenio (Se)	---	0,01



Fuente: Reglamento para la Calidad de Agua potable, Decreto 38924-S, (2015)

En el cuadro 17, se presentan los parámetros de calidad del agua del nivel cuarto (N4), establecidos por el Reglamento para la Calidad de Agua potable, Decreto 38924-S, con los cuales debe de cumplir la ASADA.

Cuadro 17. Parámetro de Calidad del Agua Nivel Cuarto (N4).



Residuos De Plaguicidas	
Parámetro	Valor Máximo Admisible (VMA) mg/L
Plaguicidas ^(a)	0,10
Plaguicidas organoclorados^(b)	0,03
Total, de plaguicidas [©]	0,50

Fuente: Reglamento de normas técnicas y procedimientos AyA, (2001).

^(a) Por “Plaguicida” se entiende: insecticidas orgánicos, herbicidas orgánicos, fungicidas orgánicos, nematocidas orgánicos, acaricidas orgánicos, alguicidas orgánicos, rodenticidas orgánicos, molusquicidas orgánicos, productos relacionados (reguladores de crecimiento) y sus pertinente metabolitos y productos de degradación y reacción. Solo es preciso controlar aquellos plaguicidas que sea probable que estén presentes en un suministro dado. De estar presentes en el suministro e implementado el sistema de tratamiento: estos deben ser evaluados con una frecuencia mensual.

^(b) Sustancias de uso prohibido en el país, pero debido a su persistencia en Costa Rica podrían encontrarse en aguas dada su larga vida media en el ambiente y su uso extensivo en épocas anteriores.

[©] Por “Total de Plaguicidas”, se entiende la suma de todos los plaguicidas detectados y cuantificados en el procedimiento de control.

REGLAMENTACIÓN PARA LA CALIDAD DE AGUA POTABLE

TOMA DE MUESTRAS

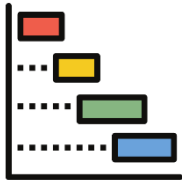
La toma de muestra se realiza por métodos cruentos asépticos y deben tomarse todas las precauciones necesarias para evitar contaminación.



FRECUENCIA

Las frecuencias de la recolección de muestras por parte del ente operador (Control operativo) y del laboratorio designado, deberá estar sujeta a lo establecido en los cuadros 18,19, y 20 del presente documento, para lo cual se debe contar con la programación semestral

correspondiente (ver cuadro 21).



En los siguientes cuadros, se establece la frecuencia mínima de muestro y el número de muestras a recolectar en las diferentes partes del sistema de abastecimiento de agua potable de la ASADA.

Cuadro 18. Frecuencia mínima de muestreo y número de muestras a recolectar en las fuentes de abastecimiento y red de distribución para el Control Operativo (CO).

Población abastecida (habitantes)	Fuentes de abastecimiento		Red de distribución	
	Frecuencia	N° muestras	Frecuencia	N° muestras
< 2000	Mensual	1 en cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución.	Mensual	1
2001 a 20.000	Quincenal	1 en cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución.	Quincenal	1
20.001 a 200.000	Semanal	1 en cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución.	Semanal	1
>200.000	Diario	1 en cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución.	Diario	1

Fuente: Reglamento para la Calidad de Agua potable, Decreto 38924-S, (2015).



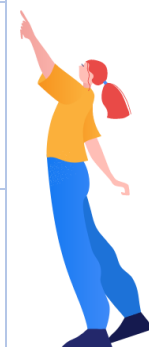
Cuadro 19. Frecuencia mínima de muestreo y número de muestras a recolectar en las fuentes de abastecimiento, tanques de almacenamiento y red de distribución para el nivel primero (N1).

Población abastecida (habitantes)	Fuentes de abastecimiento		Tanques de almacenamiento		Red de distribución		Total, de muestras mínimas por año
	Frecuencia	N° muestras	Frecuencia	N° muestras	Frecuencia	N° muestras	
< 5000	Semestral	1 en cada fuente	Semestral	1 en cada tanque	Semestral	3	10
5.000 a 100.000	Trimestral	1 en cada tanque	Trimestral	1 en cada tanque	Trimestral	3	18
100.001 a 500.000	Mensual	1 en cada tanque	Mensual	1 en cada tanque	Mensual	15	120 más 12 por cada 100.000 habitantes
>500.000	Diaria	1 en cada tanque	Diaria	1 en cada tanque	Diaria	15	180 más 12 por cada 100.000 habitantes

Fuente: Reglamento para la Calidad de Agua potable, Decreto 38924-S, (2015).

Cuadro 20. Frecuencia de muestreo y numero de muestras a recolectar para análisis físico químicos en las fuentes de abastecimiento y red de distribución para los niveles N2 y N3 (después de tener el perfil de calidad).

Población abastecida (habitantes)	Fuentes de abastecimiento		Red de distribución	
	Frecuencia	N° muestras	Frecuencia	N° muestras
<500	Cada 3 años	1 en cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución	Cada 3 años	1
5000 a 100.000	Cada 2 años	1 en cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución	Cada 2 años	1
100 001 a 500 000	Anual	1 en cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución	Anual	1
>500.001	Trimestral	1 en cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución	Trimestral	6



Fuente: Reglamento para la Calidad de Agua potable, Decreto 38924-S, (2015).

Cuadro 21. Cantidad de análisis que deben ser realizados por parte de un laboratorio, según población abastecida en un periodo de Seis (6) Meses.



<5000 Habitantes	5000 a 100.000 Habitantes
<ul style="list-style-type: none"> • 1 Análisis físico-químico del Nivel Primero (N1) en la fuente de abastecimiento • 1 Análisis microbiológico del Nivel Primero (N1) en la fuente de abastecimiento, tanque almacenamiento y en la red de distribución • Cada tres años: 1 Análisis químico del Nivel Segundo (N2) y del Nivel Tercero (N3) en la fuente de abastecimiento y en la red de distribución 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Análisis físico-químico del Nivel Primero (N1) en la fuente de abastecimiento. • 2 Análisis microbiológicos del Nivel Primero (N1) en la fuente de abastecimiento, tanque de almacenamiento y en la red de distribución. • Cada 2 años: 1 Análisis químico del Nivel Segundo (N2) y del Nivel Tercero (N3) en la fuente de abastecimiento y en la red de distribución
100.001 a 500 000 Habitantes	>500 000 Habitantes
<ul style="list-style-type: none"> • 6 Análisis físico-químico del Nivel Primero (N1) en la fuente de abastecimiento. • 6 Análisis microbiológicos del Nivel Primero (N1) en la fuente de abastecimiento, tanque de almacenamiento y en la red de distribución. • Cada años: 1 Análisis químico del Nivel Segundo (N2) y del Nivel Tercero (N3) en la fuente de abastecimiento y en la red de distribución 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 Análisis físico-químico del Nivel Primero (N1) en la fuente de abastecimiento. • 6 Análisis microbiológicos del Nivel Primero (N1) en la fuente de abastecimiento, tanque de almacenamiento y en la red de distribución. • 182 Análisis microbiológicos del Nivel Primero (N1) en la red de distribución. • 2 Análisis químico del Nivel Segundo (N2) y del Nivel Tercero (N3) en la fuente de abastecimiento y en la red de distribución

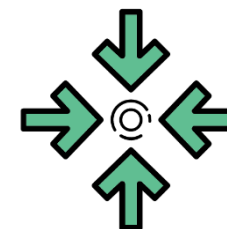
Fuente: Reglamento para la Calidad de Agua Potable, Decreto 38924-S, (2015).

NOTA:

Se debe comprobar que el laboratorio cuente con ensayos acreditados, para lo cual debe ingresar a la página de ECA y verificar.

PUNTOS DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.

- Los puntos de muestreo para los diferentes análisis por parte del ente operador (Control Operativo) y del laboratorio designado, deben ser seleccionados uniformemente, de modo que sean representativos de las zonas de abastecimiento; iniciando con fuente, almacenamiento, sitio de desinfección y terminando en la red de distribución.
- Deberán estar ubicados a la salida de la planta de tratamiento, salida de tanques de almacenamiento, salida de las fuentes subterráneas (pozos, manantiales, galerías de infiltración) y en la red de distribución.
- El grifo seleccionado para el muestreo, debe estar ubicado lo más próximo a la conexión domiciliar controlada por el operador, antes del de tanque elevado o de cualquier otro tipo de almacenamiento intra domiciliar de agua.
- La toma de las muestras debe ser realizada por un profesional capacitado, la cual debe enviar el laboratorio.



EVALUACIÓN DEL RIESGO SANITARIO

El riesgo sanitario es una medida de las posibles afectaciones para la salud de una población específica, que puede presentarse como resultado de una situación peligrosa.



Algunas de las actividades que establece el AyA, para evaluar el riesgo sanitario son las siguientes:

- Uniformar y optimizar el sistema de evaluación del riesgo sanitario.
- Cursos anuales de capacitación a operadores de acueductos sobre la evaluación del riesgo sanitario.
- Realizar la evaluación del riesgo sanitario con poblaciones de:
 - <50.000

- 20.000-≤50.000
- 2500-≤2000
- <500

💧 Evaluar el riesgo sanitario en plantas potabilizadoras.

ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DEL RIEGO

A continuación, se detallan los principales eventos y sus peligros asociados que pueden presentarse en las diferentes etapas del sistema de abastecimiento de agua potable.



NOTA:

Debe identificar cuáles son los eventos, así como sus peligros asociados que se presentan en su acueducto.

Fuentes de captación



Cuadro 22. Peligros típicos que afectan las fuentes de captación.

Tipo de evento	Evento	Peligros asociados
Natural	Fenómenos meteorológicos y climáticos	Inundaciones; cambios rápidos en la calidad del agua de la fuente
		Difícil acceso a las fuentes
		Daños en las estructuras de captación
		Cambios en la calidad del agua
	Inundación	Contaminación de las fuentes de aprovechamiento
		Interrupción del servicio

Antrópicos	Fauna	Contaminación microbiológica
		Contaminación por desechos de cadáveres de animales
	Agricultura	Contaminación por plaguicidas
		Arrastre de sedimentos
	Explotación forestal	Incendios
		Erosión del suelo
	Fosas sépticas	Contaminación microbiológica
		Alteración en la calidad del agua
	Demanda de agua para otros usos	Cantidad insuficiente
		Alteración en la concesión de caudales

Red de conducción

Cuadro 23. Peligros típicos que afectan las redes de conducción.

Tipo de evento	Evento	Peligros asociados
Natural y/o Antrópico	Cualquier peligro no controlado atenuado a las fuentes	Los señalados en el cuadro de peligros de las fuentes
Natural	Rotura de tuberías	Entrada de agentes contaminantes
		Interrupción del servicio
	Tuberías de servicio de plástico	Contaminación por derrame de aceites solventes

		Deterioro de la tubería
	Fauna	Daños a la tubería
	Caída de árboles	Ruptura de tubería
	Fluctuaciones de presión	Entrada de contaminación
		Fugas en la tubería
Ingreso de aire	Disminución de la presión del agua	
	Cavitación en accesorios	
Antrópicos	Vandalismo	Contaminación
		Daños a la infraestructura
	Conexiones no autorizadas	Contaminación por contraflujo
		Disminución de la presión del agua

Sistema de tratamiento



Cuadro 24. Peligros típicos que afectan el sistema de tratamientos.

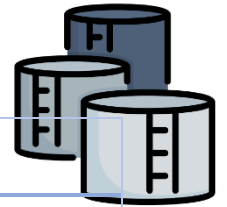
Tipo de evento	Evento	Peligros asociados
Natural y/o Antrópico	Cualquier peligro no controlado en la red de conducción	Los señalados en el cuadro de peligros de la red de conducción
	Fuego/explosión	Inutilización total o parcial de instalaciones de tratamiento

Natural	Suministro eléctrico	Interrupción del sistema
		Agua no desinfectada
	Capacidad de las instalaciones de tratamiento	Sobrecarga de la instalación de tratamiento
	Avería del sistema de tratamiento	Agua no tratada
		Daños en el equipo de tratamiento
	Obstrucción de filtros	Eliminación insuficiente de partículas
Fallo de instrumentación	Pérdida de control	
Antrópicos	Uso de materiales y sustancias químicas no aprobadas	Contaminación del sistema de abastecimiento de agua
		Deterioro del sistema de tratamiento
	Uso de sustancias químicas contaminadas	Contaminación del agua
	Vandalismo	Contaminación
		Corte de suministro
		Daños al equipo
	Falta de mantenimiento	Deterioro del sistema
		Fallas en el sistema

Fuente: Rojas, (2020), modificado por Gutiérrez, (2021).

Tanque de almacenamiento

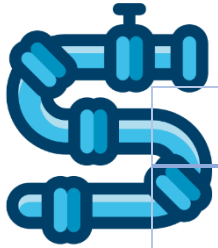
Cuadro 25. Peligros típicos que afectan el tanque de almacenamiento.



Tipo de evento	Evento	Peligros asociados
Natural y/o Antrópico	Cualquier peligro no controlado en el sistema de tratamiento	Los señalados en el cuadro de peligros en el sistema de tratamiento
Natural	Inundaciones	Filtración de contaminantes
		Contaminación del agua
	Vientos	Caída de arboles
		Daños a la estructura
Antrópico	Acceso no protegido al tanque de almacenamiento	Contaminación
	Vandalismo	Contaminación al agua
		Daños a la estructura
	Agricultura	Contaminación por plaguicidas
		Arrastre de sedimentos
	Falta de mantenimiento	Deterioro del sistema
Fallas en el sistema		

Fuente: Rojas, (2020), modificado por Gutiérrez, (2021).

Red de distribución



Cuadro 26. Peligros típicos que afectan la red de distribución.

Tipo de evento	Evento	Peligros asociados	
Natural y/o Antrópico	Cualquier peligro no controlado o atenuado en el tanque de almacenamiento	Los señalados en el cuadro de peligros en el tanque de almacenamiento	
Natural	Rotura de tuberías	Entrada de agentes contaminantes Interrupción en el servicio	
	Fluctuaciones de presión	Entrada de contaminación Fugas en la tubería	
	Intermitencia del suministro	Entrada de contaminación	
	Flora	Daños a la tubería por caída de árboles	
	Apertura y cierre de válvulas	Perturbación de depósitos por la inversión o modificación del flujo introducción de agua viciada	
Antrópico	Conexiones no autorizados	Contaminación por contraflujo Disminución de la presión del agua	
	Acceso de terceros a las tomas de agua	Contaminación por contraflujo Perturbación de depósitos por el aumento de flujo	
	Uso de materiales no aprobados	Contaminación del sistema de abastecimiento de agua	
	Vandalismo		Contaminación
			Daños a la infraestructura

	Terreno contaminado	Contaminación del agua por el uso de un tipo erróneo de tubería
	Falta de mantenimiento	Deterioro del sistema
		Fallas en el sistema

Fuente: Rojas, (2020), modificado por Gutiérrez, (2021).

**CAPÍTULO V.
MEDICIÓN DE PARÁMETROS
FÍSICO-QUÍMICOS Y TOMA DE
MUESTRAS**

En este capítulo se desarrollan las mediciones de parámetros físico-químicos que deberían realizar las ASADAS, además de se explica cómo debe realizarse la toma de muestra para dichos análisis, los cuales son los establecidos para ser realizados por las ASADAS.

OBJETIVO GENERAL

- 💧 Describir la realización de medición de parámetros físico-químicos que se llevan a cabo en la operación de los acueductos de agua potable.

CONSIDERACIONES

- 💧 La descripción del procedimiento debe realizarla narrativa, cronológica y secuencialmente.
- 💧 Debe explicar con claridad el objetivo de cada análisis.
- 💧 Si es necesario hacer alguna aclaración o indicación relevante puede citarlo a través de una nota.
- 💧 Este control le corresponde a los fontaneros o técnicos de la ASADA.
- 💧 Es necesario contar con el equipo básico para llevar a cabo las mediciones de los parámetros.
- 💧 Se debe llevar el control de los resultados mediante una bitácora.

MUESTREO DE AGUAS

A continuación, se muestra el procedimiento para llevar a cabo el muestreo de aguas para su respectivo análisis físico-químico que se debe realizar en la ASADAS para el control de la calidad del recurso hídrico.



SELECCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:

Se debe elegir un grifo alimentado por un tubo que se desprenda directamente de la red de distribución y no de un depósito o tanque de almacenamiento.

En las viviendas, el grifo seleccionado debe encontrarse lo más cerca posible del medidor, preferiblemente en el jardín. En caso de no ser posible, se muestreará en una llave interior, siempre que visualmente las condiciones higiénicas del punto sean las más adecuadas (sin corrosión, limpios, en buen estado, etc.).

Para el tanque de almacenamiento, se tomarán del grifo presente en él, o en caso de ausencia, empleando una pita amarrada a la boca del frasco, la cual debe ser estéril para muestras microbiológicas.

NOTA:

Para todas las consideraciones anteriores, siempre se debe desinfectar el grifo con alcohol.

DRENAJE DE LA TUBERÍA:

Abrir completamente el grifo y dejar correr el agua al menos un minuto; si la apariencia del agua lo requiere, el tiempo puede prolongarse, pero no más de 5 minutos. Si pasado este tiempo, aún la apariencia del agua no es adecuada, se procede a recolectar la muestra.



RECOLECCIÓN DE MUESTRA:

La muestra de agua se recolecta en frasco plástico cuyo volumen será función de los parámetros a analizar y que habitualmente es de 250 mL para pH y de 500 a 100 mL para los demás análisis. Se enjuaga de 2 a 3 veces el frasco con el agua a muestrear y finalmente se llena y tapa.



ANÁLISIS DE PARÁMETROS

La calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. Con las técnicas adecuadas, los técnicos o fontaneros de la ASADA analizarán los parámetros necesarios para conocer la calidad del agua para consumo humano.



A continuación, se mencionan los principales análisis que se llevan a cabo en las ASADAS, siempre y cuando se cuente con el equipo necesario.

NOTA:

El procedimiento de cada parámetro dependerá del equipo con el cual cuente la ASADA, para ello se recomienda anotar las instrucciones que vienen en el manual de uso de cada equipo.

OLOR Y SABOR

Son determinaciones organolépticas de determinación subjetiva, para las cuales no existen instrumentos de observación, ni registro, ni unidades de medida. Tienen un interés evidente en las aguas potables destinadas al consumo humano.



Las aguas adquieren un sabor salado a partir de los 300 ppm de Cl^- , y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de $\text{SO}_4^{=}$. El CO_2 libre le da un gusto picante. Trazas de fenoles u otros compuestos orgánicos le confieren un color y sabor desagradables.

PROCEDIMIENTO:

- Se pueden evaluar mediante percepciones sensoriales que se realizan directamente en campo, pero en caso de que se quiera confirmar y cuantificar se miden nuevamente en el laboratorio mediante técnicas estándares más precisas, como la cuantificación mediante test de dilución de la muestra original con agua inodora ($T^a \approx 40\text{ }^\circ\text{C}$) hasta que es indetectable (desaparición del color), siendo un ensayo muy subjetivo y de escasa reproducibilidad. Las muestras pueden conservarse en vidrio un máximo de 6 h a 2-5 $^\circ\text{C}$.

PH

La medida del pH tiene amplia aplicación en el campo de las aguas naturales y residuales. Es una propiedad básica e importante que afecta a muchas reacciones químicas y biológicas. Los valores extremos de pH pueden originar reacciones secundarias dañinas (por ejemplo, cambios en la solubilidad de los nutrientes, formación de precipitados, etc.).



PROCEDIMIENTO:

Las condiciones ambientales no son críticas para la realización de este ensayo.

- Para mediciones in situ, el pH debe medirse directamente en el cuerpo de agua. En los casos que esta operación se dificulte y se obtenga una muestra con algún dispositivo de muestreo (como frasco, botella muestreadora o balde), debe medirse a la mayor prontitud posible directamente en dicho dispositivo para así minimizar cualquier variación.
- La medición del PH, puede llevarse a cabo mediante bandas o equipo de medición, esto dependerá del recurso con el cual cuente la ASADA.
- Operar el equipo resumidamente consiste en: conectar el aparato, verificar o realizar su ajuste y/o calibrar:
 1. Introduzca el equipo con su electrodo respectivo en la muestra de agua.
 2. Agite ésta suavemente para garantizar su homogeneidad y facilitar el equilibrio entre electrodo y muestra.

3. Presione el botón de medida.
4. Espere a que se estabilice el valor y léelo.
5. El resultado se obtendrá directamente de la pantalla del equipo y se expresará con dos cifras decimales.

Nota:

La agitación debe ser suave para minimizar la entrada de dióxido de carbono que pudiera alterar el resultado.

TEMPERATURA

La temperatura es un parámetro físico que afecta otras mediciones como pH, alcalinidad o conductividad. Las temperaturas elevadas resultantes de descargas de agua caliente, pueden tener un impacto ecológico significativo por lo que la medición de la temperatura del cuerpo receptor, resulta útil para evaluar los efectos sobre éste.



PROCEDIMIENTO:

La temperatura debe medirse directamente en el cuerpo de agua. En los casos que esta operación se dificulte y se obtenga una muestra con algún dispositivo de muestreo (como frasco, botella muestreadora o balde). La temperatura debe medirse a la mayor prontitud posible directamente en el dispositivo para así minimizar cualquier error.

- ◆ Introduzca el dispositivo en la muestra de agua.
- ◆ Agite ésta suavemente para garantizar su homogeneidad y facilitar el equilibrio entre el dispositivo y la muestra.
- ◆ Presione el botón de medida.
- ◆ Espere a que se estabilice el valor y léalo.
- ◆ El resultado se obtendrá directamente en la pantalla del equipo con una o dos cifras decimales.
- ◆

NOTA:

Al reportarlo, si el objetivo de la medición exige mayor exactitud, para el equipo en cuestión debe consultarse la calibración vigente, la cual se realiza periódicamente respecto a un dispositivo calibrado (RTD).

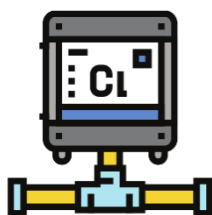
TURBIEDAD

Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales. Son difíciles de decantar y filtrar, y pueden dar lugar a la formación de depósitos en las conducciones de agua, equipos de proceso, etc. Además, interfiere con la mayoría de los procesos a que se pueda destinar el agua.

PROCEDIMIENTO

- La medición se hace por comparación con la turbidez inducida por diversas sustancias. Para lo cual existen diversos tipos de turbidímetros.
- La concentración de turbiedad se da en ppm.

CLORO RESIDUAL



El cloro elemental es un gas amarillo-verdoso altamente soluble en agua. Cuando se disuelve en ausencia de sustancias nitrogenadas (con la materia orgánica nitrogenada forma cloraminas) u otros productos que puedan interferir, el cloro es rápidamente hidrolizado a ácido hipocloroso (HOCl) y ácido clorhídrico (HCl). A su vez, el ácido clorhídrico se disocia fácilmente a iones hidrógeno y cloruro, mientras que el ácido hipocloroso, que es un ácido débil, se disocia parcialmente en iones hidrógeno y iones hipoclorito (OCl^-).

Las proporciones relativas de Cl_2 , HOCl y OCl^- en equilibrio (especies que en conjunto se denomina cloro libre disponible) se encuentran controladas por el pH, la temperatura y la fuerza iónica. El gran inconveniente de los cloruros es el sabor desagradable que

comunican al agua. Son también susceptibles de ocasionar una corrosión en las canalizaciones y en los depósitos, en particular para los elementos de acero inoxidable.

AFORO

Un aforo en un pozo, es un dato del caudal aproximado, que se tiene en un momento determinado. Para saber con exactitud el caudal que se tiene en un pozo, se debe de realizar una prueba de bombeo con una duración mayor a 74 horas.

Un aforo en una naciente es mejor realizarlo, a mediados de la época seca, para tener un dato más exacto en su condición más crítica. Si es posible, realizar tanto en pozo como en naciente un aforo al mes, para llevar un control del caudal con el que cuenta la fuente durante todo el año, y así tener un mejor panorama de su comportamiento.



HERRAMIENTAS

- 💧 Cronometro
- 💧 Balde
- 💧 Calculadora

PROCEDIMIENTO

1. Verifique que la tubería de impulsión o salida de tanque de naciente, tenga una tubería con válvula instalada para realizar aforos o pruebas de calidad del agua, a una altura adecuada para colocar en la salida de ella el balde.
2. Ponga en funcionamiento la bomba. Y verifique la presión del manómetro (medidor de presión) de la bomba. O en caso de naciente abra la válvula del tanque.
3. Abra la válvula de paso para estabilizar la salida del agua, e iguale la presión con la que sale al tanque de almacenamiento. (solo para bombeo).

4. Verifique el volumen del balde (cuantos litros tiene de capacidad y se anota en la bitácora).
5. Coloque el balde bajo la tubería para comenzar a recolectar el agua.
6. En el momento que se coloca el balde y comienza a llenar, se pone en funcionamiento el cronometro.
7. Cuando el balde se encuentre lleno, detenga el cronometro.
8. Anote en la bitácora que tardó el balde en llenarse (en segundos).
9. Repita esta acción de 6 a 10 veces.

CÁLCULO

Para realizar el cálculo es necesario realizar una tabla como la que se presenta en el anexo 6, en la cual se anotan los tiempos, la cantidad de litros (l/s) y el número total de pruebas (N). Una vez se tienen los resultados se suman el total de l/s y se divide entre el número de pruebas (N).

Donde:

$$\text{Caudal} = \text{Litros del Balde dividido entre Total de Tiempo Caudal} = \text{Litros} / \text{Segundos}$$

CAPÍTULO VI. ANEXOS

En este apartado se ilustran los anexos, es decir todos aquellos documentos que se utilizan para llevar a cabo la recolección de datos de las distintas actividades desarrolladas en la ASADA.

OBJETIVO GENERAL

- Mostrar los documentos que se utilizan para llevar a cabo las diferentes actividades que se desarrollan en la ASADA, así como el cronograma de actividades que se realizan.

CONSIDERACIONES

- Los documentos que se muestran en este apartado deben ser los que se utilizan en la ASADA.
- Es importante explicar cómo se realiza las distintas anotaciones.
- La cantidad de anexos es variable según cada ASADA.

NOTA:

A continuación, se presentan machotes de cronograma, bitácoras, entre otros que pueden ser de vital ayuda en la operación y mantenimiento del acueducto.

ANEXO N°1. TABLA DE ACCESORIOS UTILIZADOS EN LA ASADA.

1		2		3		4		5	
6		7		8		9		10	
11		12		13		14		15	
16		17		18		19		20	








Fuente: Gutiérrez, (2021).












- | | | |
|------------------------|---------------------|----------------------|
| 1. Tee | 8. Adaptador hembra | 15. Yee reducida |
| 2. Tee reducida | 9. Adaptador macho | 16. Abrazadera |
| 3. Codo | 10. Cople | 17. Dresser |
| 4. Unión | 11. Tapón | 18. Brida |
| 5. Unión de reparación | 12. Reducción | 19. Válvula de check |
| 6. Unión de tope | 13. Cruz | 20. Cubre válvula |
| 7. Llave de paso | 14. Yee | |














NOTA:











Es importante realizar un cronograma de frecuencia, así como un cronograma anual, en el cual se muestre de manera más ilustrativa cada cuanto se deben realizar las actividades descritas en el capítulo 3 de mantenimiento.

ANEXO N. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE LA ASADA

Sistema	Actividad	Frecuencia												
		Variable	Diario	Semanal	Quincenal	Mensual	2 Meses	3 Meses	6 Meses	Anual	1.3 Año	2 Años	5 Años	10 Años
Fuentes subterráneas (pozos)	Inspección y control													
	Limpieza de instalaciones e inspección de obras complementarias													
	Caseta de bombeo (obra civil y componentes eléctricos)													
	Desinfección de las instalaciones del pozo													
	Revisión del equipo de bombeo													
	Desarrollo y limpieza de pozo													
Nacientes	Aforo de captaciones													








	Remoción de sedimentos y desinfección de estructuras																	
	Revisión de válvulas y obras accesorias																	
	Limpieza de las captaciones																	
	Limpieza de instalaciones e inspección de obras complementarias																	
	Inspección de captación y área adyacente																	
	Reacondicionamiento general de la obra																	
	Reconstrucción de la estructura																	
Obras de Conducción	Limpieza de la servidumbre de paso de las líneas de conducción																	
	Mantenimiento de válvulas y limpieza de líneas de conducción y tanques de quiebra gradientes.																	
	Limpieza de instalaciones e inspección de obras complementarias																	
	Inspección y mantenimiento general																	

	Limpieza general													
Cloro gas	Comprobación de fugas													
	Limpieza general													
	Limpieza de eyector													
	Revisión general del equipo													
	Limpieza de instalaciones e inspección de obras complementarias													
Tanque de almacenamiento	Limpieza de sedimentos sin ingresar al interior													
	Limpieza externa e interna del tanque													
	Limpieza, desinfección y revisión de válvulas													
	Reacondicionamiento general													
	Reconstrucción de la estructura													
	Inspección del medidor y caja de protección													
Red de distribución	Inspección del medidor y caja de protección													

	Inspección general de válvulas especiales												
	Limpieza externa de medidores y cajas de protección												
	Inspección general												
	Sustitución del medidor												
	Sustitución de tubería												
	Actualización de planos												
	Limpieza y desinfección de tuberías												
Hidrantes	Mantenimiento												
	Inspección y control												
	Purgar para eliminar sedimentos												

Fuente: Gutiérrez, (2021).

ANEXO 3. CRONOGRAMA DE MUESTREO DE LA ASADA

Sistema	Actividad	Frecuencia												
		Variable	Diario	Semanal	Quincenal	Mensual	2 Meses	3 Meses	6 Meses	Anual	1.3 Año	2 Años	5 Años	10 Años
Calidad del agua	Muestreo en fuentes de abastecimiento y red de distribución													
	Muestreo en fuentes de abastecimiento, tanque de almacenamiento y red de distribución para N1													
	Muestreo en fuentes de abastecimiento y red de distribución para N1 y N2													
Evaluación general del sistema	Control diario													
	Control operativo													
	Lectura de hidrómetros													
	Registro de daños y contingencias en el sistemas de abastecimiento													

ANEXO 4. CRONOGRAMA

Sistema	Actividad	Frecuencia											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Fuentes subterráneas (pozos)	Inspección y control												
	Limpieza de instalaciones e inspección de obras complementarias												
	Caseta de bombeo (obra civil y componentes eléctricos)												
	Desinfección de las instalaciones del pozo												
	Revisión del equipo de bombeo												
	Desarrollo y limpieza de pozo												
Nacientes	Aforo de captaciones												
	Remoción de sedimentos y desinfección de estructuras												
	Revisión de válvulas y obras accesorias												

	Limpieza de las captaciones													
	Limpieza de instalaciones e inspección de obras complementarias													
	Inspección de captación y área adyacente													
	Reacondicionamiento general de la obra													
	Reconstrucción de la estructura													
Obras de Conducción	Limpieza de la servidumbre de paso de las líneas de conducción													
	Mantenimiento de válvulas y limpieza de líneas de conducción y tanques de quiebra gradientes.													
	Limpieza de instalaciones e inspección de obras complementarias													
	Inspección y mantenimiento general													
	Reposición de válvulas y tuberías dañadas													
Cloración in situ	Dosificación													

	Inspección y limpieza del equipo																			
	Limpieza de las celdas electrolíticas																			
	Limpieza del tanque de salmuera y tuberías																			
Hipoclorito de calcio	Cloración																			
Gases oxidantes	Controlar concentraciones de sal y soda caustica																			
	Inspección del equipo clorador																			
	Reacondicionamiento general																			
	Revisión del nivel de sal																			
	Revisión de dosificador																			
	Revisión general del equipo																			
	Limpieza general																			
Cloro gas	Comprobación de fugas																			
	Limpieza general																			

	Limpieza de eyector													
	Revisión general del equipo													
Tanque de almacenamiento	Limpieza de instalaciones e inspección de obras complementarias													
	Limpieza de sedimentos sin ingresar al interior													
	Limpieza externa e interna del tanque													
	Limpieza, desinfección y revisión de válvulas													
	Reacondicionamiento general													
	Reconstrucción de la estructura													
Red de distribución	Inspección del medidor y caja de protección													
	Inspección general de válvulas especiales													
	Limpieza externa de medidores y cajas de protección													

	Inspección general													
	Sustitución del medidor													
	Sustitución de tubería													
	Actualización de planos													
Hidrantes	Mantenimiento													
	Inspección y control													
	Purgar para eliminar sedimentos													

Fuente: Gutiérrez, (2021).

ANEXO 5. BITÁCORA

Bitácora para Control Operativo									
Fecha	Prueba N°	Lugar / casa	Hora	Parámetro					
				Cloro Residual	Turbiedad	pH	Olor	Sabor	Aforo
Observaciones:									
Firma del responsable:									

Fuente: Jiménez, (2021), adaptado por Gutiérrez, (2021).

ANEXO 6. TABLA PARA LA MEDICIÓN DE AFOROS

Aforo		
Fecha:		
Hora:		
Responsable a cargo:		
# de Prueba	Litros (balde)	Tiempo (segundos-cronometro)
Total:	Total:	Total:

Fuente: Gutiérrez, (2021).

REFERENCIAS

- Marín, L. (2007). Desinfección del agua: Sistemas utilizados en AyA. Recuperado de: <https://www.binasss.sa.cr/opac-ms/media/digitales/Desinfecci%C3%B3n%20del%20agua.%20Sistemas%20utilizados%20en%20AyA.pdf>
- Quispe, M (2018). Manual de operación del sistema de cloración mejorado. Recuperado de: <http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7879/ANEXO%203%20-%20MANUAL%20DE%20CLORACION.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- CARE Internacional-Avina. Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades. (2012). Módulo 5. Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable. Ecuador. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CARE-AVINA%202012.%20Operaci%C3%B3n%20y%20mantenimiento%20de%20sistemas%20de%20agua.pdf
- Gómez D & Miravet M, (2009). Metodología para la evaluación de riesgo sanitario ante la contaminación fecal. <http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/605/1/Evaluaci%C3%B3n%20de%20riesgos%20sanitarios%20ante%20la%20contaminaci%C3%B3n%20fecal.pdf>
- González, C. (2004). La desinfección y el almacenamiento domiciliario del agua: intervención fundamental en la salud pública. <http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/vigilancia/rtv0404.pdf>
- Jiménez, J. (2013). Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario.
- Reglamento para la calidad de agua potable, Decreto 38924-S (2015).