

Universidad Nacional
Sede Regional Chorotega
Campus Liberia

Ingeniería Hidrológica

Proyecto Final de Graduación

“Propuesta de Plan de Seguridad del Agua para la gestión integral del recurso hídrico en la Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado de Peñas Blancas, Abangares, Costa Rica”

Para optar por el grado de: Licenciatura en Ingeniería Hidrológica

Equipo Supervisor:
Lic. Emilia Mora Alpízar
Gestora Ambiental del Concejo Municipal de Colorado de Abangares

Dr. Rolando Madriz Vargas
Universidad Nacional

Sustentantes:
Jose Carlos Castro Vega
702550586
Marlon Obando Zamora
504240135

Liberia, Guanacaste, Costa Rica

Febrero, 2023

Acta del Tribunal

La comisión examinadora evaluó el trabajo titulado:

“Propuesta de Plan de Seguridad del Agua para la gestión integral del recurso hídrico en la Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado de Peñas Blancas, Abangares, Costa Rica”

Como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Hidrológica

Miembros de la comisión

MS.c. Medardo Moscoso Vidal
Representante de Decanatura

MS.c. Ronald Sánchez Brenes
Tutor/Supervisor

MS.c. Liany Alfaro García
Lector

MS.c. María Teresa López Maietta
Lector

Fecha: 16/02/2023

Agradecimientos

A mi familia y amigos que me ayudaron a recordar el por qué escogí este camino. Quienes iluminaron los momentos en que sentí que todo era fútil. Por las enseñanzas que compartieron, lo cual ahora celosamente llevo en mi alma.

Un agradecimiento al Concejo Municipal de Colorado de Abangares, la ASADA de Peñas Blancas de Colorado y los demás actores claves por la disposición en colaborar con el proyecto. De igual manera, para aquellos profesores que nos acompañaron en el proceso académico.

Por último, a quien tome en sus manos este trabajo, y con esperanza ayude a sembrar con motivo una flor del bien, para que su crecimiento produzca un cambio importante en la sociedad.

Ing. Jose Carlos Castro Vega

Ingeniería Hidrológica

Agradezco a mis padres Noelia y Tomás, quienes con su paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más. Gracias a mi familia por mostrarme el camino a seguir y motivarme constantemente, por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, por forjarme como la persona que soy en la actualidad.

De igual manera, quiero expresar mi gratitud a mis amigos José Carlos, Fabián, David y Axel, quienes hicieron de la universidad un segundo hogar y me acompañaron durante todo este proceso incondicionalmente. Agradezco a Jennifer, quien me dio todo su cariño y me acompañó en los momentos de debilidad.

Por último, agradezco a todos los lugares que me han brindado la oportunidad de aprender, especialmente al Concejo Municipal de Colorado de Abangares, la ASADA de Peñas Blancas de Colorado y a la Universidad Nacional, junto a los que forman y formaron parte de la carrera de Ingeniería Hidrológica, los cuales con la enseñanza y sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional; gracias por su paciencia, dedicación y apoyo.

Ing. Marlon Johan Obando Zamora

Ingeniería Hidrológica

Dedicatoria

A mi familia y amigos.

Ing. Jose Carlos Castro Vega.

Ingeniero hidrológico

A Dios, a mi familia y a mis amigos.

Ing. Marlon Johan Obando Zamora.

Ingeniero hidrológico

Resumen ejecutivo

El cometido principal del proyecto es la elaboración de una propuesta de Plan de Seguridad del Agua (PSA) para la Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado de Peñas Blancas de Colorado, Abangares, Costa Rica.

Fundamentalmente, los Planes de Seguridad del Agua son herramientas que diagnostican las condiciones de riesgo que pueden afectar una Asociación Administradora de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados (ASADA). De tal manera que la identificación de estos elementos y las propuestas de medidas preventivas, correctivas y de mitigación funcionen como una herramienta para garantizar que el acueducto funcione en condiciones seguras.

De acuerdo con los estudios de prefactibilidad realizados en este proyecto, existe una viabilidad en los aspectos legales, ambientales, técnicos, financieros y sociales. En función de este estudio de prefactibilidad, el tipo de investigación realizado lleva un enfoque mixto, pues abarca tanto datos cualitativos como cuantitativos. Los datos que se esperan generar en el trabajo abordan la infraestructura, el servicio y la calidad del agua proveída en la ASADA; además, cada componente físico del acueducto es analizado de manera independiente.

La metodología consta de cuatro fases, la formación del equipo del plan de seguridad del agua, la evaluación del sistema de distribución de agua potable, la matriz de riesgos y, finalmente, la elaboración del plan operacional.

Con base en lo anterior, se determinó una condición de alto riesgo para el acueducto en torno a aspectos legales, ambientales, estructurales y de suministro de agua potable que afectan directamente la calidad de vida de las personas habitantes de la comunidad de Peñas Blancas. Por esta razón, la Propuesta del Plan de Seguridad del Agua para la ASADA integra planes de mejora y mantenimiento que ayudan a optimizar el sistema y generar una Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH). Por último, se plantea la posibilidad de concursar y emplear proyectos de fuentes alternativas de agua potable.

Summary

The main purpose of the project is to prepare a proposal for a Water Safety Plan for the Peñas Blancas Colorado Water and Sewage Management Association, Abangares, Costa Rica.

Fundamentally, the Water Safety Plans are tools that diagnose the risk conditions that can affect an ASADA. In such a way, that the identification of these elements and proposals of preventive, corrective and mitigation measures work as a tool to guarantee that the aqueduct works in safe conditions.

According to the pre-feasibility studies carried out on this project, there is feasibility in the legal, environmental, technical, financial, and social aspects. Based on this pre-feasibility study, the type of research carried out has a mixed approach in such a way that it covers both qualitative and quantitative data. The data that is expected to be generated in the work addresses the infrastructure, service and quality of the water provided in the ASADA; In addition, each physical component of the aqueduct is analyzed independently.

The methodology consists of four phases, the formation of the water safety plan team, the evaluation of the drinking water distribution system, the risk matrix and finally the development of the operational plan.

Based on the above, a high-risk condition was determined for the aqueduct regarding legal, environmental, structural, and drinking water supply aspects that directly affect the quality of life of the people living in the Peñas Blancas community. For this reason, the Water Safety Plan Proposal for the ASADA integrates improvement and maintenance plans that help optimize the system and generate Integral Water Resource Management. Finally, the possibility of competing and using projects for alternative sources of drinking water is considered.

Lista de Abreviaciones

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	AyA
Asociación Administradora de Acueductos y Alcantarillados	ASADA
Gestión Integrada del Recurso Hídrico	GIRH
Plan de Seguridad del Agua	PSA
Objetivos de Desarrollo Sostenible	ODS
Comisión Nacional de Emergencias	CNE
Cementos Progreso	CEMPRO
Cooperativa de Pesca y Concha de Colorado	COOCOPECO
Cooperativa de Salineros de Colorado	COONAPROSAL

Índice de contenidos

Capítulo I	Introducción	1
1.1.	Introducción	1
1.2.	Declaración del problema	2
1.3.	Justificación	3
1.4.	Objetivos	5
1.4.1.	Objetivo general	5
1.4.2.	Objetivos específicos	5
1.5.	Alcance y Limitaciones	6
1.5.1.	Alcances	6
1.5.2.	Limitaciones	6
Capítulo II	Antecedentes	7
2.1.	Antecedentes	7
2.2.	Descripción de la zona	8
2.4.	Estudios previos	9
2.5.	Características hidrológicas	10
2.6.	Características socioeconómicas	11
Capítulo III	Marco Teórico	13
3.1.	Gestión Integral del Recurso Hídrico	13
3.1.1.	Cambio climático	13
3.1.2.	Cuencas	13
3.1.3.	Servicios ecosistémicos	14
3.1.4.	Gobernanza	14
3.2.1.	ASADAS	14
3.2.4.	Potabilización del agua	15
3.2.5.	Salinización de aguas subterráneas	16
3.2.6.	Desalinización del agua	16
3.3.	Sistemas de abastecimiento	16
3.3.1.	Obras de captación	16
3.3.2.	Plantas potabilizadoras	16
3.3.3.	Tanques de almacenamiento	17
3.3.4.	Líneas de aducción y conducción	17
3.3.5.	Red de distribución	17

3.3.6.	Hidrantes.....	17
3.4.	Plan de Seguridad del Agua	17
3.4.1.	Amenazas	17
3.4.2.	Riesgos	18
3.4.3.	Vulnerabilidad.....	18
3.4.4.	Medidas de mitigación	18
3.4.5.	Percepción social del agua	18
3.5.	Conocimiento teórico-practico de PSA ya existentes	18
3.5.1.	Diagnóstico del acueducto para la Propuesta de Plan de Seguridad del Agua (PSA) de la Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado (ASADA) de Paraíso, Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica.	18
3.5.2.	Propuesta de Plan de Seguridad del Agua (PSA) para el Acueducto Municipal de la Comunidad del Cantón de Jiménez, Cartago, Costa Rica.	19
3.5.3.	Propuesta de Plan de Seguridad del Agua (PSA) para la Asociación Administradora del Acueducto Rural de San Miguel de Higuito de Desamparados.....	19
3.5.4.	Plan de Seguridad del Agua (PSA) para el acueducto de Jacó, Puntarenas, Costa Rica.....	19
3.5.6.	Planes de Seguridad del Agua: Fundamentos y perspectivas de implementación en Colombia.	19
Capítulo IV	Prefactibilidad.....	21
4.1.	Estudio legal	21
4.2.	Estudio Ambiental	23
4.3.	Estudio técnico	23
4.4.	Estudio financiero	24
4.5.	Estudio social.....	25
Capítulo V	Metodología.....	27
5.1.	Descripción de la metodología	27
5.2.	Proceso metodológico.....	27
5.2.1.	Percepción social.....	27
5.2.2.	Diseño del sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Peñas Blancas	28
5.2.3.	Plan de Seguridad del Agua.....	29
Capítulo VI	Resultados.....	37
6.1.	Resultados de la propuesta del Plan de Seguridad del Agua.....	37
Fase 1:	Formación del equipo del Plan de Seguridad del Agua	37

Fase 2: Evaluación del sistema de distribución.....	37
Fase 3: Matriz de riesgos	51
Fase 4: Elaboración del plan operacional	65
6.2. Resultados del Instrumento Social	70
6.2.1. Participación por parte de las instituciones relacionadas al manejo del recurso hídrico.....	70
6.2.2. Uso del agua en la comunidad de Peñas Blancas de Colorado.....	70
6.2.3. Accesibilidad hacia los tanques de suministro de agua potable.....	71
6.2.4. Participación por parte de la comunidad para buscar soluciones alternativas ante la crisis de agua potable	72
6.3. Discusión de principales hallazgos	73
6.3.1. Evaluación del sistema de distribución de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado.....	73
6.3.2. Matriz de riesgos.....	74
6.3.3. Plan Operacional.....	75
6.3.4. Percepción social	76
6.4. Discusión de los resultados en función de los objetivos del proyecto	79
6.5. Discusión de los resultados en función del diseño metodológico del proyecto	80
Capítulo VII Conclusiones y Recomendaciones	81
Conclusiones	81
Recomendaciones	82
Capítulo VIII Bibliografía	84
Anexos	89

Índice de Figuras

Figura 1.1 Diagrama de Ishikawa para la declaración de los problemas presentes en la ASADA de Peñas Blancas de Colorado	3
Figura 2.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio	8
Figura 2.2. Mapa de la microcuenca Rosas y Ayotes, ubicado en Colorado de Abangares.	10
Figura 4.1. Programas y herramientas para llevar a cabo los objetivos propuestos en el proyecto	23
Figura 5.1. Metodología para el diseño del sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Peñas Blancas	28
Figura 5.2. Metodología para la elaboración de la propuesta de Plan de Seguridad del Agua.	29
Figura 6.1. Diagrama general representativo del sistema de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, Abangares.....	38
Figura 6.2. Caracterización del pozo de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado de Abangares.....	39
Figura 6.3. Caracterización del tanque de almacenamiento de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado de Abangares.....	41
Figura 6.4. Mapa del sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, y con la caracterización técnica de dicho acueducto.	44
Figura 6.5. Mapa de radios de influencia de los tanques de suministro de agua potable en Peñas Blancas, Abangares.....	46
Figura 6.6. Parámetros fisicoquímicos de la fuente de abastecimiento.....	47
Figura 6.7. Punto crítico, paso a desnivel de la tubería.....	48
Figura 6.8. Reparación artesanal en tuberías de diámetros no estandarizados	49
Figura 6.9. Micromedidores guardados en la caseta del pozo del acueducto de Peñas Blancas, Abangares.....	50
Figura 6.10. Calificación dada por parte de la comunidad respecto a la participación de las instituciones relacionadas al manejo del recurso hídrico.	70
Figura 6.11. Percepción social del uso del agua según la actividad en Peñas Blancas de Colorado, Abangares.....	71
Figura 6.12. Calificación de los habitantes respecto a la accesibilidad a los tanques de suministro de agua potable.	72
Figura 6.13. Disposición de los encuestados en colaborar con la ASADA de Peñas Blancas para encontrar fuentes de abastecimiento alternativas de agua potable.....	73

Índice de Tablas

Tabla 2.1. Resumen de los parámetros morfométricos de la microcuenca Rosas y Ayotes.	11
Tabla 4.1. Marco regulatorio referente a la propuesta de Plan de Seguridad del Agua para la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, Abangares, Costa Rica.	21
Tabla 4.2. Costos directos e indirectos del proyecto.	24
Tabla 5.1. Marco instrumental para la identificación de los riesgos que afectan a la etapa de captación de agua potable.	30
Tabla 5.2. Marco instrumental para la identificación de los riesgos que afectan a la etapa de tratamiento de agua potable.	31
Tabla 5.3. Marco instrumental para la identificación de los riesgos que afectan a la etapa de distribución de agua potable.	32
Tabla 5.4. Marco instrumental para la identificación de los riesgos que afectan a la etapa de consumo de agua potable.	33
Tabla 5.5. Riesgos identificados específicamente en la ASADA de Peñas Blancas.	34
Tabla 5.6. Instrumento semicuantitativo propuesto por el Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua.	34
Tabla 6.1. Equipo del Plan de Seguridad del Agua.	37
Tabla 6.2. Ubicación geográfica del pozo de abastecimiento de Peñas Blancas.	38
Tabla 6.3. Ubicación geográfica del tanque de almacenamiento de la ASADA de Peñas Blancas.	40
Tabla 6.4. Elevación (m.s.n.m) de cada punto identificado en el sistema de distribución de agua de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, Abangares, Guanacaste.	41
Tabla 6.5. Clasificación y longitud de cada tramo identificado en el sistema de distribución de agua de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, Abangares, Guanacaste.	42
Tabla 6.6. Resultados obtenidos de la guía de inspección para la calidad de agua potable-SERSA.	51
Tabla 6.7. Resultados de la matriz de riesgos en la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, Abangares.	53
Tabla 6.8. Propuesta de Plan Operacional para la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, Abangares.	66

Índice de Anexos

Anexo 1. Tanqueta de distribución en la comunidad de Peñas Blancas, en las cercanías de la planta de CEMEX.	89
Anexo 2. Entrada a la planta de CEMEX.	90
Anexo 3. La fuente de abastecimiento de la comunidad de Peñas Blancas, Colorado, el cual es la fuente de abastecimiento de agua.	91
Anexo 4. Muelle Conchal de la comunidad de Colorado.	92
Anexo 5. El golfo de Colorado.	93
Anexo 6. Pescadores artesanales de la comunidad de Colorado.	94
Anexo 7. Tanqueta de agua potable para un sector de la comunidad de Peñas Blancas de Colorado.	95
Anexo 8. Instrumento de consulta utilizado para la encuesta de percepción social en la comunidad de Peñas Blancas.	96
Anexo 9. Documento guía de inspección para calidad de agua potable-SERSA, Decreto No. 38924-S.	108
Anexo 10. Consulta a abonados de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, Abangares, para los resultados de la percepción social (30 de setiembre, 2022).	109
Anexo 11. Aplicación de consulta social a la cocinera de la escuela de Peñas Blancas de Colorado, Abangares (setiembre 30, 2022).	110
Anexo 12. Tanque de suministro de agua potable para la escuela de Peñas Blancas de Colorado, Abangares.	111
Anexo 13. Camarón muerto en quebrada intermitente de la comunidad de Peñas Blancas de Colorado, Abangares (30 de octubre, 2022).	112
Anexo 14. Camarón muerto cerca de la desembocadura del golfo de Colorado (30 de octubre, 2022).	113
Anexo 15. Vertido de aguas residuales industriales tratadas a quebrada intermitente cercano a la comunidad de Peñas Blancas de Colorado, Abangares (30 de octubre, 2022).	114
Anexo 16. Parámetros físico-químicos, organolépticos y microbiológicos del agua del acueducto de Peñas Blancas.	115
Anexo 17. Frecuencia del muestreo para la calidad del agua en Peñas Blancas de Colorado, Abangares.	116
Anexo 18. Cronograma Gantt de actividades de la Propuesta de un Plan de Seguridad del agua para la ASADA de Peñas Blancas.	117

Capítulo I Introducción

En este apartado se describe una introducción, la declaración del problema, la justificación, los objetivos del proyecto, los alcances y limitaciones de dicho proyecto y, finalmente, un resumen de reporte.

1.1. Introducción

Costa Rica tiene una cobertura de agua potable bastante extensa en comparación a otros países de Latinoamérica, donde el 92.4% de la población es abastecida con agua potable (Mora & Portuguese, 2020). Sin embargo, que la gran mayoría de la población tenga acceso a este servicio público no significa que las comunidades estén exentas a posibles vulnerabilidades o peligros. En vistas a los cambios climáticos que inequívocamente se evidencian en todo el mundo, los sistemas hidrológicos se han visto afectados (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007).

El cambio climático, definido como los cambios en los patrones de temperatura y climáticos, afecta distintos aspectos fundamentales como la salud, la agricultura y, en este caso, el ciclo del agua (Las Naciones Unidas, 2015). De tal manera, es crucial encontrar soluciones para las problemáticas de los acueductos debido al cambio climático. Incluso, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha especificado en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) metas específicas que abordan esto último: mejorar la calidad del agua al reducir la contaminación, aumentar la eficiencia del uso del recurso hídrico, fortalecer la resiliencia de la capacidad de adaptación en los riesgos asociados con el clima y los desastres naturales, entre otros (Las Naciones Unidas, 2020a; Las Naciones Unidas, 2020b).

Además de los peligros importantes que presenta el cambio climático ante los acueductos costarricenses, es menester abordar otras dificultades que se presentan en el país. Aproximadamente, entre el 10% y el 15% de los acueductos rurales están bajo riesgo por la poca capacidad que tienen de dar mantenimiento al sistema de distribución de agua potable, y el 12.3% no tienen sistema de desinfección debido al reto que presenta para los acueductos invertir en la calidad del agua (Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, 2015).

Por su parte, la región Pacífico Norte tiene la particularidad de presentar un gran estrés hídrico, por su intensa actividad agropecuaria y el turismo excesivo que implica un malestar social asociado a dicha actividad, pero este estrés hídrico no se da por falta de recurso hídrico, ya que

la extracción total que se da en el país representa solamente el 5.1% del total disponible (Araya y Calvo, 2017).

Por lo tanto, este proyecto busca mitigar las problemáticas de vulnerabilidades y riesgos presentes en la comunidad de Peñas Blancas de Colorado, Abangares, Costa Rica, a través de una propuesta de Plan de Seguridad del Agua (PSA) que permita la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH). A su vez, este documento será un insumo tanto para el acueducto de la comunidad como para el gobierno local de Colorado.

1.2. Declaración del problema

En la Asociación Administradora de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales (ASADA) de Peñas Blancas de Colorado, se identifican seis problemáticas que afectan la gestión integrada del recurso hídrico: la ausencia de información técnica, la falta de planificación, la salinización de la fuente principal de agua potable, el desconocimiento de los aspectos legales respecto a los acueductos, la poca cantidad de integrantes en la ASADA y, por último, el poco apoyo por parte de la comunidad respecto al tema del agua. Estas problemáticas se identificaron en conjunto con Alexander Peña, presidente de la ASADA, y la Lic. Emilia Mora Alpízar de la división de Gestión Ambiental de la Intendencia de Colorado de Abangares.

Primeramente, la ausencia de información técnica en el sistema de distribución de agua potable en la comunidad trae dificultades en el control y mantenimiento del sistema, ya que la información que se posee es de carácter empírico. Esta falta de información técnica impide que la ASADA pueda gestionar y brindar eficientemente el servicio público.

Por otra parte, la salinización de la fuente del pozo de abastecimiento de agua potable es una problemática muy grave que no permite a la ASADA de la comunidad cumplir con los requisitos establecidos en el Reglamento para la Calidad de Agua Potable N.º 38924-S.

En temas legales, la ASADA presenta obligaciones económicas por falta de conocimiento de reglamentos y la ausencia de profesionales que les brinde asesoría en estos aspectos. Además, los integrantes de la Junta Directiva de la ASADA han renunciado en los últimos años, eso debido a la falta de ética administrativa y a la ausencia de compromiso institucional.

Como último aspecto, el presidente de la ASADA menciona que la comunidad presenta un desinterés por las condiciones del agua potable distribuida por el acueducto; sin embargo, se encuentran conformes con la distribución proporcionada por Acueductos y Alcantarillados a través de cisternas, pues llenan los tanques ubicados en puntos claves del pueblo; y de manera

anecdótica, don Alexander comentó que incluso él se toma un vaso del agua salinizada por las mañanas.

Como objetivo de estructurar de manera sencilla las problemáticas que se encuentran en esta comunidad, se realizó un Diagrama de Ishikawa para la declaración del problema; ver Figura 1.1.

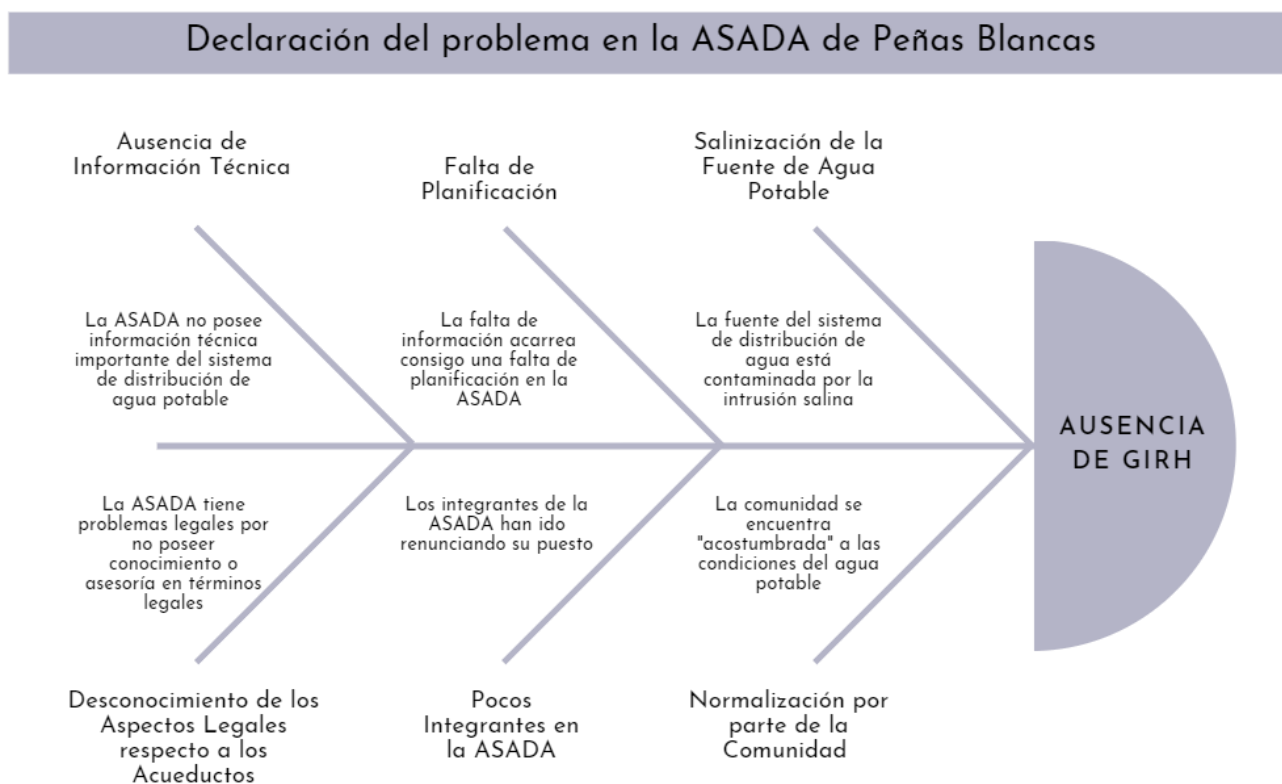


Figura 1.1 Diagrama de Ishikawa para la declaración de los problemas presentes en la ASADA de Peñas Blancas de Colorado

Fuente: Elaboración propia, 2022

1.3. Justificación

La provincia de Guanacaste presenta una vulnerabilidad en temas de déficit de agua por una falta de inversión en infraestructura hídrica y de gestión del recurso. Esto afecta el desarrollo

socioeconómico porque la falta de inversión pública no ha permitido a la provincia atender la alta demanda que se da, lo cual paraliza nuevos desarrollos (Secretaría Técnica del Consejo Agropecuario Nacional, 2018), algo de lo que la comunidad de Peñas Blancas de Colorado no está exenta al presentar distintas problemáticas en torno al recurso hídrico. El siguiente apartado justificará la utilización de los PSA como una posible herramienta que permita mitigar estas problemáticas para la comunidad, con base en los aspectos legales, técnicos y de salud pública en la distribución de agua potable.

Costa Rica ha establecido mediante el Reglamento para la calidad del Agua Potable N° 38924-S y la Directriz N° 032-S la utilización de los PSA como una herramienta de evaluación y gestión de los riesgos para los acueductos que abarca todas las etapas del sistema de abastecimiento, los cuales deben implementarse para el año 2022 por los entes operadores. Por tanto, se establece como una prioridad la realización de este.

El eje técnico del presente proyecto contribuyó en la creación de documentación para el funcionamiento del acueducto de Peñas Blancas, a través del diseño de los planos y diagramas de funcionamiento del sistema de distribución de agua potable, de esta manera se brinda una información valiosa para futuras gestiones.

A su vez, la Reforma al artículo 50 de la Constitución Política dicta que toda persona tiene derecho de acceso al agua potable de forma suficiente, segura y a su saneamiento con arreglo a la ley. Sin embargo, la comunidad tiene la problemática de tener agua salinizada en su sistema de distribución de agua potable, actualmente solventado a través de tanques públicos distribuidos por la comunidad. Aunado a lo anterior, la junta directiva de la ASADA se fue disolviendo hasta quedar sin la capacidad administrativa para gestionar el acueducto.

Considerando lo expuesto anteriormente, el análisis de los peligros y riesgos, y la determinación de posibles medidas de control para la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, de tal manera que se busca elaborar una propuesta de PSA, el cual está compuesto por una evaluación del sistema del acueducto, la aplicación de una matriz de riesgos y un plan operacional para garantizar sistemáticamente la seguridad del sistema de abastecimiento de la comunidad. De tal manera, que cada uno de estos resultados conformen la propuesta del plan de seguridad del agua para la ASADA de Peñas Blancas de Colorado.

1.4.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Proponer un Plan de Seguridad del Agua como una herramienta que permita la adecuada Gestión del Recurso Hídrico en la Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado de Peñas Blancas, Colorado de Abangares, Costa Rica.

1.4.2. Objetivos específicos

Identificar las necesidades de gestión administrativa y operativa del acueducto a través de inspecciones de campo para la determinación de los posibles peligros y riesgos respecto a la distribución de agua potable.

Elaborar documentación técnica del diseño del sistema de distribución de agua potable de la ASADA, que permita la identificación de los puntos críticos.

Elaborar un diagnóstico de las condiciones y alcances de la ASADA para la implementación de las medidas de control correspondientes en el sistema de distribución de agua potable.

Generar una propuesta de Plan Operacional para la ASADA en la comunidad de Peñas Blancas como parte fundamental del PSA.

1.5. Alcance y Limitaciones

1.5.1. Alcances

- El estudio permitirá generar insumos técnicos como planos de la tubería de abastecimiento, archivos del diagnóstico del sistema, planes operacionales y de medidas de control para los integrantes de la ASADA.
- Documentar los peligros que puedan afectar el sistema de abastecimiento de agua en todas sus partes, y evaluar el riesgo asociado a estos peligros.
- Capacitar a los integrantes de la ASADA para que tengan el conocimiento y herramientas para una mejor gestión del recurso hídrico.

1.5.2. Limitaciones

- La falta de personal en la ASADA presentará una limitación, ya que la carga de gestionar la asociación recae en unas pocas personas.
- La fuente de agua potable de la comunidad de Peñas Blancas ya está contaminada por intrusión salina, por ende, el Plan de Seguridad del Agua no puede abarcar esta problemática.
- El desinterés y el falso sentido de complacencia por parte de los habitantes de la comunidad respecto a la ausencia de agua potable.

Capítulo II Antecedentes

Este capítulo busca describir la zona de estudio mediante el empleo de mapas de ubicación, especificando las características edafoclimáticas, socioeconómicas y generalidades de la subcuenca en estudio. Además, se abordarán los antecedentes y estudios previos relevantes a la comunidad, esto para contextualizar la realidad de Peñas Blancas.

2.1. Antecedentes

Según el Banco Mundial (2021), aproximadamente 2200 millones de personas no tienen acceso al servicio imprescindible de agua potable y 4200 millones no cuentan con servicios de saneamiento seguro. Tomando en cuenta el contexto mundial del estado de la accesibilidad del agua potable, es importante eliminar estas brechas sociales y abordar las distintas dificultades técnicas-ambientales, tales como el aumento del estrés hídrico y variabilidad de fenómenos meteorológicos como la precipitación.

En función de esto, el entorno de Costa Rica respecto a la disponibilidad de agua es positiva, pues es uno de los países con mejor acceso a fuentes de agua, teniendo aproximadamente 110000 millones de m³ de agua distribuido a nivel nacional (Valverde, 2013). Sin embargo, como se ha abordado en el capítulo anterior, la realidad nacional no refleja la disponibilidad estimada. La provincia de Guanacaste sufre por la vulnerabilidad hídrica que presenta, debido a la ausencia de infraestructura y gestión que facilite el abastecimiento de este recurso (Secretaría Técnica del Consejo Agropecuario Nacional, 2018).

A pesar de esto, es importante destacar los avances logrados en el país. El tema de abastecimiento de agua en comunidades rurales en Costa Rica data desde 1965 con los Comités Administradores de Acueductos Rurales, y este plan de abastecimiento por parte del AyA ha sido desarrollado hasta el punto actual, cuyas asociaciones comunales ahora se llaman Asociaciones Administrativas de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados a partir del 1997 (Cuadrado, 2021).

Respecto al acueducto de Peñas Blancas, fue construido en 1991 y abastecido por un pozo desde hace 31 años (Torres, 2013). Sin embargo, la ASADA de Peñas Blancas tiene la problemática de tener intrusión salina en su fuente de abastecimiento, lo cual impide que el

sistema de distribución por tuberías sea apto para el consumo humano. Esto último lo solventan mediante tanques localizados en puntos clave de la comunidad.

Tomando en cuenta el contexto mundial, nacional y comunal para el caso de Peñas Blancas, se concluye que es necesario tener medidas que prevengan o mitiguen peligros y vulnerabilidades de acueductos. De tal manera, que los PSA's vengan a ser una herramienta o un marco de trabajo de relevancia para la protección del recurso hídrico.

2.2. Descripción de la zona

La comunidad de Peñas Blancas se ubica en el distrito Colorado del Cantón de Abangares (coordenadas 370000 y 375000 metros Norte y 1130000 1125000 metros Este en la proyección CRTM05), y pertenece a la provincia de Guanacaste, como se observa en la Figura 2.1.

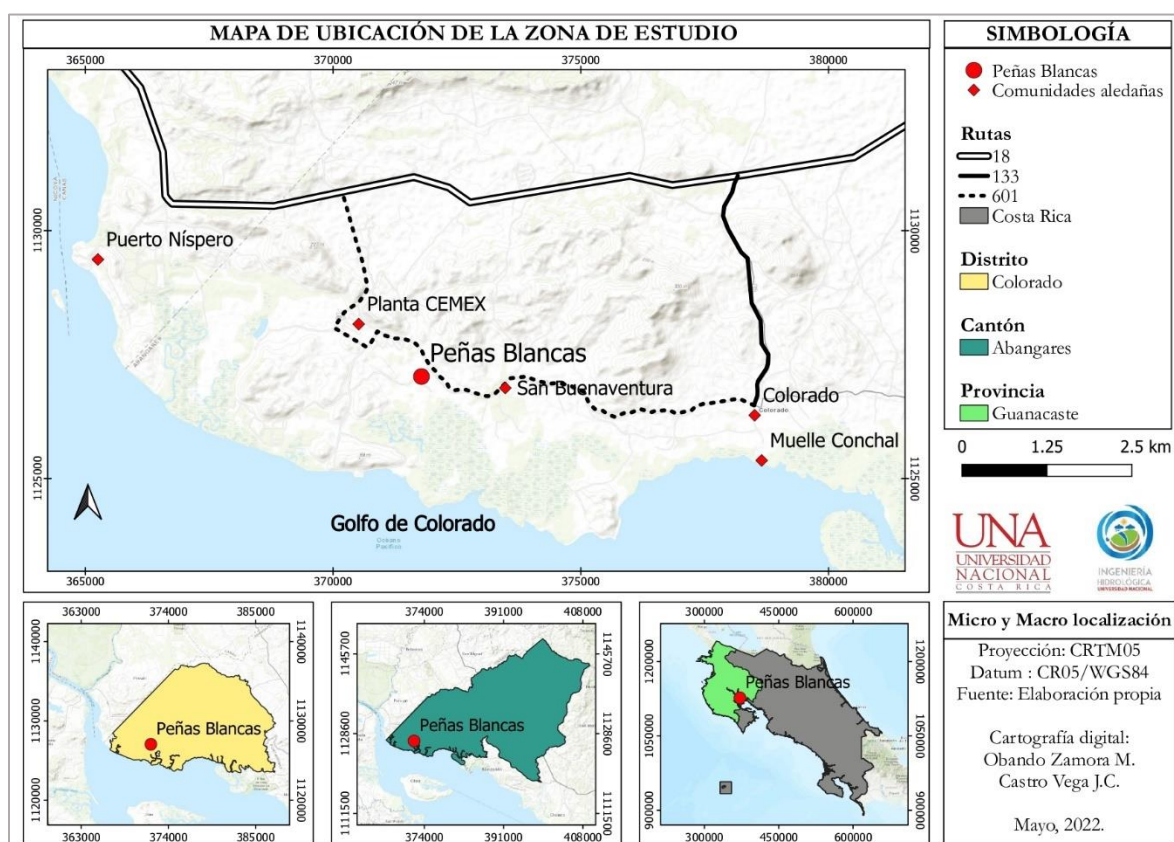


Figura II.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio

Fuente. Elaboración propia, 2022.

El distrito de Colorado está conformado por una superficie de 195.8 km² y esta representa el 29% del área total del cantón de Abangares. Colorado cuenta con 23 centros poblacionales o barrios, dentro de los que se pueden mencionar las comunidades

de Colorado, San Buenaventura, Peñas Blancas, Barbudal, Almendros, Gavilanes, Higuerilla, Monte Potrero, Quebracho, San Joaquín, Solimar, y Villafuerte (Instituto de Desarrollo Rural, 2015). Estos se encuentran conectados por la ruta nacional N°.18 y las rutas administradas por el Concejo de Distrito N°.133 y N°.601, las cuales en conjunto con el muelle permiten que el distrito tenga acceso a servicios básicos y se genere un desarrollo económico de la zona, lo que asegura el trasiego comercial y la exportación e importación de productos.

2.3. Aspectos demográficos

Según los datos del último censo nacional realizado por el INEC en el 2011, el distrito de Colorado presenta una población aproximada de 4621 personas, representando aproximadamente el 26% del total de la población del cantón de Abangares, y se estima que para el año 2025 el cantón presente una población aproximada de 5000 personas. A su vez, de acuerdo con los datos proporcionados por los asistentes técnicos de Atención Primaria de la Caja Costarricense del Seguro Social, se estima que la comunidad de Peñas Blancas cuenta con una población aproximada de 373 personas asentadas en 150 viviendas (Instituto Nacional de Estadística y Censos de Costa Rica, 2011).

2.4. Estudios previos

De acuerdo con la información brindada por la gestora ambiental Emilia Mora Alpízar y la gestora social de Cemex Adriana Sanabria Nájera, hay dos estudios previos que aportan en el presente capítulo sobre el contexto de la zona de estudio:

- a) “Diagnóstico del estado actual de los acueductos Peñas Blancas, San Joaquín, Pueblo Nuevo y San Buenaventura en la parte baja de la cuenca del río Abangares”, elaborado por la Ing. Natalia Torres Corral, como proyecto de graduación para el grado de Licenciatura en ingeniería civil de la Universidad de Costa Rica.
- b) “Gestión integral del recurso hídrico en la cuenca del río Abangares para el consumo humano como su utilización prioritaria”, desarrollado entre la Universidad de Costa Rica y la Municipalidad de Abangares, que entre el concejo municipal es conocido como “Proyecto Marimba”. El objetivo de este proyecto es la construcción de un embalse en la parte media de la cuenca del río Abangares, en el sector conocido como Marimba. El volumen de almacenamiento es aproximadamente 6000000 m³ y un área de espejo de 700000 m².

La identificación de estos estudios previos es de importancia para el presente proyecto, ya que a partir de esta información se puede observar tanto el contexto de la comunidad de Peñas Blancas en aspectos específicos como el estado del acueducto y también la visión que se tiene para la comunidad como el proyecto Marimba.

2.5. Características hidrológicas

La zona de estudio se encuentra en la Región Pacífico Norte de Costa Rica, la cual pertenece al régimen de precipitación de la subregión PN2, esta presenta una lluvia media anual de 1800mm y temperaturas que oscilan los 22°C hasta los 33°C (Solano & Villalobos, 2000). A su vez, el proyecto está ubicado en la microcuenca de los esteros Rosas y Ayotes, la cual forma parte de la cuenca del río Abangares (Lafragua, 2008). Limita al Norte con la subcuenca del río Lajas, al Este con la microcuenca de la quebrada Pinas, al Oeste con la cuenca de los esteros Piedras y Papatular y al Sur con el Golfo de Colorado, la desembocadura del cauce principal la quebrada intermitente San Buenaventura (Figura 2.2).

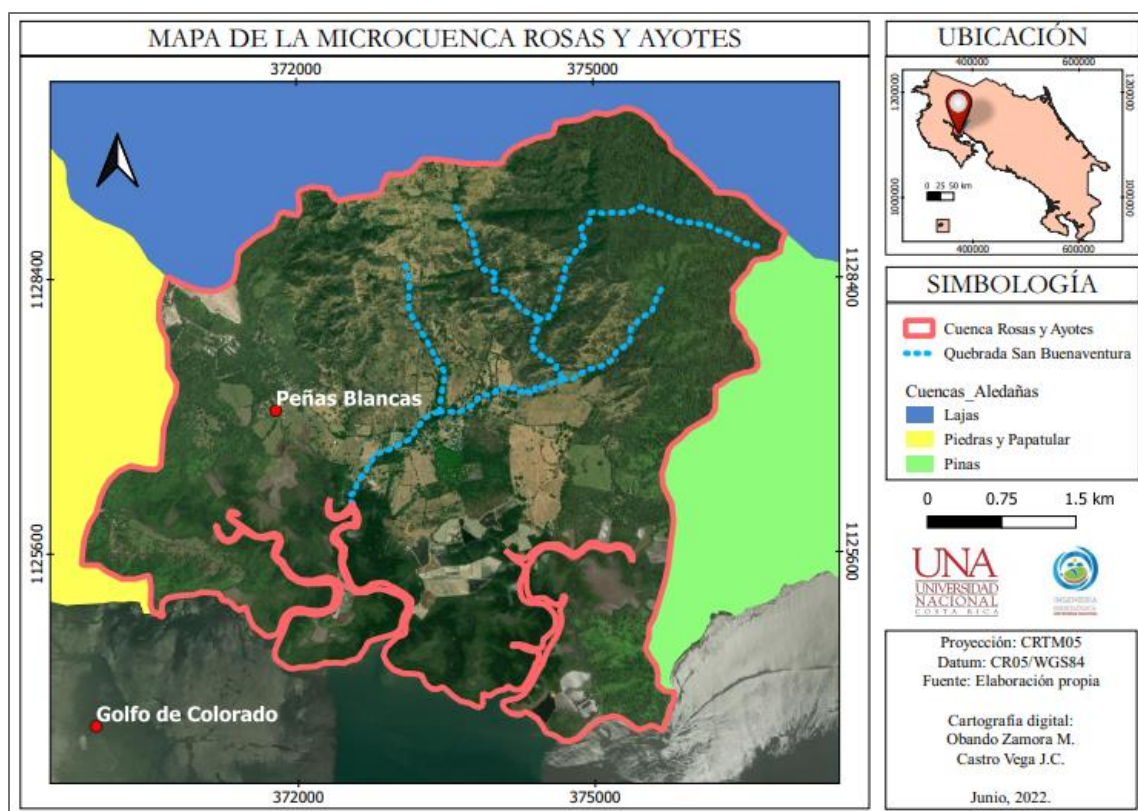


Figura II.2. Mapa de la microcuenca Rosas y Ayotes, ubicado en Colorado de Abangares.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

A su vez, se exponen los parámetros morfométricos de la microcuenca donde se encuentra ubicada la comunidad de Peñas Blancas, con el fin de contextualizar la hidrografía de la zona de estudio (Tabla 2.1).

Tabla II.1. Resumen de los parámetros morfométricos de la microcuenca Rosas y Ayotes.

Parámetro	Valor
Área (km ²)	27.73
Perímetro (km)	42.99
Longitud del cauce principal (km)	6.91
Elevación máxima (msnm)	341
Elevación mínima (msnm)	0
Elevación media (msnm)	170.5

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Contextualizada las características hidrológicas de la cuenca donde se sitúa la ASADA de Peñas Blancas, se procede a abordar las características socioeconómicas para, de igual manera, tener este contexto social que es imprescindible para el proyecto.

2.6. Características socioeconómicas

El distrito de Colorado tiene como actividades económicas principales la ganadería, la producción de cemento, salinas, la pesca artesanal, el cultivo de camarones, la piedra caliza, tajos, granos básicos y la caña de azúcar (Instituto de Desarrollo Rural, 2015). La comunidad de Colorado de Abangares es representativa en aspectos de pesca por el desarrollo que ha logrado desde 1970, esto debido a distintos esfuerzos como capacitaciones y asesorías por la Cooperativa de Pesca y Concha de Colorado (COOCOPECO) (Ovares, 1991).

Según Ovares (1991), la Cooperativa de Salineros de Colorado (COONAPROSAL) también ha impactado positivamente el desarrollo económico en el distrito por la atracción de inversión de empresarios privados y el apoyo de la propia comunidad. En las actividades económicas principales de Colorado, la producción de cemento tiene un rol fundamental en la comunidad de Peñas Blancas; de acuerdo con lo mencionado por la gestora social Adriana Sanabria Nájera, la planta de Cemex ha estado en Peñas Blancas desde hace 23 años y es la principal de la

compañía de las 7 que hay a nivel nacional. Asimismo, el 90% de los empleados de esta planta de producción son habitantes de Peñas Blancas; sin embargo, de acuerdo con Adriana, parece que las instalaciones van a pasar a manos de Cementos Progreso (CEMPRO), una empresa guatemalteca, lo que implica un cambio a nivel operativo.

En conclusión, el presente capítulo permite contextualizar los aspectos demográficos, económicos e hidrográficos referentes al proyecto para la descripción de la comunidad Peñas Blancas de Colorado de Abangares.

Capítulo III Marco Teórico

Para el desarrollo del proyecto de la propuesta de un Plan de Seguridad del Agua para la ASADA de Peñas Blancas de Colorado es importante abordar la conceptualización de términos fundamentales que estén relacionados al proyecto, como la gestión integral del recurso hídrico, el concepto de acueductos, sistemas de abastecimiento y los PSA.

3.1. Gestión Integral del Recurso Hídrico

La gestión integral del recurso hídrico es la administración o planificación del agua desde un punto de vista intersectorial, lo cual permite comprender la importancia del recurso tanto en las necesidades humanas como en el de los ecosistemas dentro de una cuenca (Vargas-Barrantes & Marín-Alfaro, 2016). La importancia de la gestión integral del recurso hídrico se encuentra en la capacidad que obtendrían las comunidades para adaptarse al cambio climático. Esta adaptación implica desarrollar capacidades locales e infraestructura para el manejo del agua, invertir en la adopción de tecnologías limpias y económicas que faciliten la buena gestión del agua, nuevas formas de financiamiento para la adaptación a través de la buena gobernanza y contar con discusiones sanas para desarrollar programas que fortalezcan los demás aspectos (Villamagua, 2012).

3.1.1. Cambio climático

El cambio climático es aquel que se manifiesta en la naturaleza, debido a causas naturales o por causas de la actividad humana (Díaz, 2012). De acuerdo con Díaz (2012), manifestaciones del cambio climático son el aumento de las temperaturas, el aumento de la actividad ciclónica, lluvias de mayor intensidad, olas de calor con mayor frecuencia, aumenta el nivel del mar, entre otros.

3.1.2. Cuencas

Las cuencas son territorios definidos naturalmente, donde se dan actividades socioecológicas. El concepto de cuencas es fundamental para la gestión integral del recurso hídrico, ya que mediante este se puede hacer el reconocimiento de la dinámica hidrológica, ecosistémica, cultural, social e institucional, lo que implica conocer bien los antecedentes de la zona y los servicios ecosistémicos con los que la sociedad se beneficia (Cotler et al., 2013).

3.1.3. Servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos son aquellos beneficios que las personas obtienen a partir de los ecosistemas (Cotler et al., 2013). De acuerdo con Cotler et al. (2013), estos beneficios pueden ser como la producción de provisiones, alimentos y el agua.

3.1.4. Gobernanza

La gobernanza, de acuerdo con Aguilar (2006), es “el proceso mediante el cual los actores de una sociedad deciden sus objetivos de convivencia, fundamentales y coyunturales y las formas de coordinarse para realizarlos, además, su sentido de dirección y su capacidad de dirección” (Aguilar, 2006, p. 71).

De acuerdo con esta definición, la gobernanza aplicada al recurso hídrico es la capacidad que tiene una comunidad de tomar decisiones para administrar el agua y optar por las medidas que consideren optimas según la condición que presenten.

3.2. Acueductos

El acueducto es una estructura que conduce el agua, que por lo general está conformado por canales y caños subterráneos, o por arcos levantados (Real Academia Española, 2021); sin embargo, actualmente también se emplean diferentes métodos para transportar el agua, como los sistemas de tuberías. La importancia de la disponibilidad del agua es imprescindible para las actividades humanas y en Costa Rica existe el compromiso de abastecer de agua potable a toda la población (Hurtado & Moroney, 2021); y en función de lo anterior, la administración del recurso hídrico no recae solamente en la disponibilidad del agua, sino en su calidad. Considerando esto, en Costa Rica los acueductos más vulnerables (concepto que se abordará más adelante) son los comunales, denominados ASADAS:

3.2.1. ASADAS

Las Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales en Costa Rica es una figura comunal que administra el servicio público de la prestación de agua en zonas rurales bajo un esquema de delegación de administración acordado con el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado (Cuadrado, 2021; Dirección de Aguas, 2020).

3.2.2. AyA

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado vela por el acceso al agua potable y a su saneamiento, por un compromiso con la salud y sostenibilidad del recurso hídrico, en función del desarrollo económico y social del país (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2010). Además, es el instituto encargado de determinar la prioridad, conveniencia y viabilidad de los diferentes proyectos en obras de acueductos y alcantarillados. El AyA busca promover la conservación de cuencas hidrográficas y el control de la contaminación de las aguas; por ejemplo, las fuentes de abastecimiento en un acueducto.

3.2.3. Fuente de abastecimiento

De acuerdo con Orozco-Gutiérrez (2019), el término fuentes de abastecimiento hace referencia al Artículo 1 de la Ley de Aguas N. °276 de Costa Rica, el cual señala que todas estas aguas son de dominio público. Según (Orozco-Gutiérrez, 2019), dichas fuentes pueden ser:

- **Superficial:** es el uso del recurso hídrico que escurre sobre la superficie terrestre: ríos, quebradas, canales, embalses o lagos.
- **Subsuperficial:** son aquellas donde el nivel estático de un acuífero permite la afloración de agua hacia la superficie. Ejemplos de esta fuente son nacientes o manantiales.
- **Subterráneo:** también conocidas como pozos. El aprovechamiento de estas fuentes se realiza en el agua que se encuentra por debajo de la superficie. El acceso a estas aguas se da a través de perforaciones, extrayendo el agua por medio de bombas.

3.2.4. Potabilización del agua

La potabilización del agua es el proceso de tratamiento que busca eliminar contaminantes del agua hasta cumplir ciertas condiciones para que no representen un riesgo para la salud humana (Lugo & Lugo, 2018). Según Casero (2007), este proceso está dividido en las siguientes fases:

- **Pretratamiento:** El pretratamiento es el proceso donde se busca separar del agua aquellos contaminantes con un tamaño considerable, además, estos contaminantes de mayor tamaño pueden ocasionar problemas en los tratamientos consiguientes.

- **Coagulación, floculación y decantación:** La coagulación es la desestabilización de las partículas restantes del pretratamiento mediante la neutralización de la carga; la floculación es la unión entre partículas formando agregados de mayor volumen, o flóculos; y la sedimentación de estas partículas o flóculos es fundamentalmente el proceso de decantación.
- **Filtración:** La filtración es la eliminación de la precipitación generada a partir del proceso de coagulación, floculación y decantación.
- **Desinfección de las aguas:** El proceso de desinfección de las aguas es la eliminación de bacterias patógenas.

3.2.5. Salinización de aguas subterráneas

La salinización de aguas subterráneas o acuíferos es fundamentalmente el aumento de sólidos totales disueltos a partir de cualquier tipo de fuente en las aguas subterráneas (Cardona et al., 2000). De acuerdo con Cardona et al. (2000), la extracción de recurso de este tipo de fuentes de abastecimiento provoca cambios espaciales y temporales en la calidad del agua subterránea.

3.2.6. Desalinización del agua

La desalinización es un proceso que permite obtener agua potable a partir de agua con alto contenido de sales (Claudio, 2018).

3.3. Sistemas de abastecimiento

Los sistemas de abastecimiento son todo el conjunto que abarca la fuente del recurso hídrico, la infraestructura y equipamiento para su captación, la potabilización y, finalmente, la infraestructura que permite su distribución (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2016). De acuerdo con lo dictado por el AyA, la infraestructura de un sistema de abastecimiento puede estar conformado de la siguiente manera:

3.3.1. Obras de captación

Las obras de captación son la estructura inicial del sistema hidráulico, el cual se encarga de captar el agua para abastecer a la población. Estas obras civiles puede consistir en una sola estructura o varias, el factor determinante es que la captación del recurso hídrico satisfaga las necesidades de la comunidad (Jiménez, 2013).

3.3.2. Plantas potabilizadoras

Las plantas potabilizadoras son las infraestructuras donde se llevan a cabo los procesos de potabilización. En algunos casos, este proceso puede ser sencillo, como

simplemente el proceso de desinfección, o puede involucrar las distintas operaciones que lleva a cabo en el proceso de potabilización del agua (Comisión Nacional del Agua, 2007).

3.3.3. Tanques de almacenamiento

El tanque de almacenamiento es una estructura cuya función principal es la estabilización del volumen suministrado hacia la comunidad, esto considerando que hay fluctuaciones en los requerimientos de agua en la población abastecida (Salazar, 2017).

3.3.4. Líneas de aducción y conducción

Las líneas de aducción y conducción son definidas de la siguiente manera (Santos, 2015):

- **Línea de aducción:** la línea de aducción es el componente del sistema que transporta el agua cruda o sin tratar.
- **Línea de conducción:** la línea de conducción es el componente que se encarga de transportar el agua ya potabilizada.

3.3.5. Red de distribución

Componente del sistema de abastecimiento que conduce el agua desde el tanque de almacenamiento hasta los puntos de consumo (Salazar, 2017).

3.3.6. Hidrantes

El hidrante es un dispositivo que se encuentra conectado a la red de distribución, y es de gran importancia en los sistemas de abastecimiento de agua, pues permite al Cuerpo de Bomberos atender situaciones de emergencia (Bomberos Costa Rica, 2020).

3.4. Plan de Seguridad del Agua

Un Plan de Seguridad del Agua es una metodología que busca garantizar sistemáticamente la seguridad de un sistema de abastecimiento de agua de consumo, realizando una evaluación de riesgos y gestión de riesgos integral que abarque todas las etapas que conforma el sistema de abastecimiento de la comunidad (Bartram et al., 2009).

3.4.1. Amenazas

Las amenazas son fenómenos extremos tanto origen natural como antropogénico, que inciden sobre un espacio geográfico y temporal determinado, y posee la potencialidad de causar consecuencias negativas en una población (Soares et al., 2013).

3.4.2. Riesgos

Se refiere a un evento natural o causado por la actividad humana que provoca alteraciones en el medio ambiente y que impacta a una comunidad asentada en la zona afectada. La vulnerabilidad de esta comunidad es significativamente sensible a este tipo de fenómenos (Soares et al., 2013).

3.4.3. Vulnerabilidad

Una condición dinámica que es dependiente de los procesos que produce la susceptibilidad, de tal manera que el concepto de vulnerabilidad está definida por las amenazas que determinan la exposición (Soares et al., 2013).

3.4.4. Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación, en su fundamento, son la reducción del impacto de los efectos de los desastres naturales, mediante un marco de trabajo que implique reducir la vulnerabilidad en una comunidad (Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente, 1991).

3.4.5. Percepción social del agua

Las percepciones sociales se refieren a la forma que tiene la sociedad de ver una realidad determinada. En función de esto, la percepción social del agua es la realidad que posee una comunidad respecto a la gestión del recurso hídrico (Madrigal-Solís et al., 2020).

3.5. Conocimiento teórico-practico de PSA ya existentes

Como marco teórico y práctico, se abordaron algunas propuestas de planes de seguridad del agua aplicados en Latinoamérica y el Caribe. Esto, con el propósito de observar los enfoques y principales resultados que se obtuvieron en estos trabajos.

3.5.1. Diagnóstico del acueducto para la Propuesta de Plan de Seguridad del Agua (PSA) de la Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado (ASADA) de Paraíso, Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica.

En este trabajo, elaborado por Tamara Cabalceta Gutiérrez y Nathalie María Flores Matarrita, realizaron el diagnóstico del acueducto para realizar la propuesta de PSA para la ASADA de Paraíso, Santa Cruz, Guanacaste. Entre sus resultados obtenidos más significativos encontraron que la aplicación de un PSA es de gran importancia para identificar riesgos y medidas correctivas en todo el sistema de abastecimiento.

3.5.2. Propuesta de Plan de Seguridad del Agua (PSA) para el Acueducto Municipal de la Comunidad del Cantón de Jiménez, Cartago, Costa Rica.

Este trabajo lo elaboraron Roberta Montero Arrieta y Tamara Moreno Ureña para el acueducto municipal de la comunidad del cantón de Jiménez, Cartago. El objetivo principal fue identificar y realizar la priorización de peligros en los sistemas de abastecimiento, y asegurar la calidad e inocuidad del agua de consumo. A partir de ello, las sustentantes identificaron los peligros físicos, químicos y biológicos en el sistema de abastecimiento, y propusieron medidas de control para estos riesgos.

3.5.3. Propuesta de Plan de Seguridad del Agua (PSA) para la Asociación Administradora del Acueducto Rural de San Miguel de Higuito de Desamparados.

La propuesta de PSA para la ASADA de San Miguel de Higuito de Desamparados fue elaborado por Rosa León Conejo. La autora de este trabajo abordó la gestión y calidad del agua desde un eje técnico y administrativo. Los principales resultados fueron la georreferenciación de las estructuras, un balance hídrico, determinación de riesgos, las medidas de control y las pautas para darle continuidad a este proyecto.

3.5.4. Plan de Seguridad del Agua (PSA) para el acueducto de Jacó, Puntarenas, Costa Rica.

El PSA para el acueducto de Jacó, Puntarenas, fue elaborado por Alicia Fonseca y Francisco García Fernández, en el que se ejecutó un diagnóstico con la metodología “análisis de peligros y puntos críticos de control” para identificar los peligros y clasificarlos. En conjunto a esto, se elaboró un programa operacional, el cual es el insumo principal, ya que mediante este programa es que el acueducto puede gestionar el recurso hídrico tomando en cuenta las vulnerabilidades presentes.

3.5.5. Plan de Seguridad del Agua de la ASADA Las Vueltas, Parrita, Puntarenas.

Elaborado por Natalia Gabriela García Campos. En este escrito, se identificaron los principales problemas de la ASADA: problemas administrativos, de control, inherentes a las condiciones del sistema de abastecimiento ya que se encuentran contaminados por plaguicidas, por las actividades que se realizan alrededor del pozo

3.5.6. Planes de Seguridad del Agua: Fundamentos y perspectivas de implementación en Colombia.

Escrito por Andrea Pérez Vidal, Patricia Torres Lozada y Camilo Hernán Cruz Vélez, es una perspectiva teórica de los PSA que aborda el marco técnico y el legal. Concluyeron que los PSA surgen por la necesidad de unificar estrategias de gestión de riesgo y, a su vez, asegurar la calidad del agua de consumo. También destacan que para

poder abastecer la creciente población y dar cumplimiento a la legislación de Colombia el país debe empezar a desarrollar estrategias para implementar los PSA en los acueductos.

El presente capítulo abordó el marco teórico que permitirá definir y contextualizar los conceptos fundamentales para el desarrollo del proyecto. La definición de la noción general de acueductos y demás términos facilitará el abordaje de las características vinculantes a la ASADA de Peñas Blancas. De igual manera, definir los sistemas de abastecimiento y sus componentes, los Planes de Seguridad del Agua y los conceptos fundamentales de la metodología es indispensable para la elaboración de este proyecto.

Capítulo IV Prefactibilidad

El capítulo IV corresponde a las prefactibilidades, con el fin de determinar la viabilidad del proyecto en diferentes ejes. La metodología utilizada para evaluar la viabilidad del proyecto es la propuesta de Sapag et al. (2014), que implica realizar un estudio sobre los aspectos comerciales, técnicos, organizacional, legal, ambiental, financiero o económico, vial, ética y social. Para este proyecto se llevan a cabo los estudios de viabilidad técnico, legal, ambiental, financiero y, finalmente, el aspecto social.

4.1. Estudio legal

La ASADA de Peñas Blancas de Colorado está inscrita al AyA y al Sistema de Apoyo y Gestión de ASADAS con el código de ente operador 243 y código geográfico (5) 5-07-04, cuya información se encuentra en el documento de Información Administrativa del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2013). A continuación, se describe el marco regulatorio que rige y/o tiene relación respecto al proyecto (Tabla 4.1).

Tabla IV.1. Marco regulatorio referente a la propuesta de Plan de Seguridad del Agua para la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, Abangares, Costa Rica.

Marco Legal	Tema de Referencia	Descripción del Marco Legal y la relación con el proyecto
Constitución Política, Artículo 50	Ambiente	El artículo 50 de la Constitución política hace mención que todo habitante del país tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, además, que toda persona tiene el derecho humano al acceso al agua potable.
Ley Orgánica del Ambiente, Artículos 50	Ambiente	En el artículo 50 de la Ley Orgánica del Ambiente, se define que el agua es de dominio público, y que su conservación y el uso sostenible de este recurso es de interés social.
Ley Constitutiva del Instituto Costarricense de Acueductos y	Social	En el artículo 2, específicamente en el inciso (g) , se hace mención que el AyA puede delegar la administración de los acueductos y alcantarillados

Alcantarillados N. °2726, Artículo 2		con organismos locales, siempre y cuando se conviniere una mejor prestación de servicios.
Ley General de la Salud N. °5395, Artículo 267	Social	El artículo 267 de la Ley general de la Salud establece que todo sistema de abastecimiento de agua potable deberá proveer este servicio de manera continua, con la cantidad y presión necesaria.
Reglamento para la Calidad del Agua Potable N. °38924-S	Salud	En el Reglamento para la Calidad de Agua Potable, se establecen los valores máximos admisibles para los parámetros que se deben analizar en aguas potables.
Implementación de los Planes de Seguridad del Agua y la Participación del Ministerio de Salud, Directriz N. °032-S	Planes de Seguridad del Agua	Esta directriz dicta que las ASADAS y los Comités Administradores de Acueductos Rurales deben implementar los Planes de Seguridad del Agua a partir del 1º de enero del 2019 al 1º de enero del 2022.
Resolución N. °2373-2016-SETENA	Ambiente	Este marco legal dicta la definición de actividades de muy bajo impacto ambiental y lista las posibles actividades que caen en esta magnitud de impacto.
Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales N. °42582-S-MINAE	ASADA	El reglamento que establece el marco jurídico que regula el funcionamiento de las organizaciones que gestionan los acueductos y saneamiento de aguas residuales en el ordenamiento jurídico del país.

Fuente. Elaboración propia, 2022.

En función a la tabla del marco regulatorio referente al proyecto, se determina que el proyecto no presenta obstáculos en términos legales, en cambio, de acuerdo con la Directriz N. °032-S la implementación de esta metodología es un requisito para los organismos a cargo de

administrar los acueductos de las comunidades. De tal manera, se concluye que este proyecto tiene viabilidad legal.

4.2. Estudio Ambiental

Como se mencionó anteriormente en el apartado de estudio legal, la Resolución N. °2373-2016-SETENA abarca los impactos ambientales de actividades, obras o proyectos. De acuerdo con esta resolución, las actividades, obras o proyectos de muy bajo impacto ambiental potencial son aquellas actividades antropogénicas que no provocan destrucción o alteración significativa en el ambiente.

Los alcances del proyecto no abarcan la construcción de infraestructura ni causan alteraciones en los aspectos del medio ambiente. Sin embargo, a pesar de que los objetivos no abordan específicamente la construcción de alguna obra, el proyecto no se limita en generar insumos de naturaleza de recomendación para la ASADA. De tal manera que mediante el diseño del sistema de distribución del acueducto se puede elaborar una propuesta de localización de hidrantes en la comunidad. En ese sentido, en el Artículo 5 de la Resolución N. °2373-2016-SETENA se contempla la instalación de hidrantes como obras que no requieren una evaluación de impacto ambiental. Por lo tanto, el proyecto no requiere de viabilidad ambiental.

4.3. Estudio técnico

La importancia de realizar un estudio técnico previo a la ejecución del proyecto radica en que este determina los equipos requeridos, lo que permite cuantificar los costos de inversión y operación (Sapag et al., 2014). Por su parte, para la realización del Plan de Seguridad del Agua es necesario la utilización de distintos softwares y herramientas que permitan cumplir con los objetivos propuestos, los cuales se describen en la Figura 4.1.

Conocer el contexto socioeconómico de la comunidad	Identificar las necesidades operativas del acueducto	Diseño del sistema de distribución de agua potable	Identificación de los riesgos, amenazas y vulnerabilidades sobre el sistema de agua potable
• Equipo y otros: • Giras de campo • Software de encuestas de Google forms	• Equipo y otros: • Giras de Campo • Posibles muestras de campo • Software QGIS • Microsoft Office	• Equipo y otros: • Giras de Campo • Aplicación MobileTopographer • Software QGIS	• Equipo y otros: • Giras de Campo • Software QGIS

Figura IV.1. Programas y herramientas para llevar a cabo los objetivos propuestos en el proyecto

Por lo tanto, se determina que los sustentantes tienen la posibilidad de adquirir las herramientas y la capacidad técnica para llevar a cabo el proyecto, por lo que el proyecto tiene viabilidad técnica.

4.4. Estudio financiero

Para el desarrollo del Plan de Seguridad del Agua se establece que el estudio financiero ordena y sistematiza la información de carácter monetario que proporcionaron las etapas anteriores, incluyendo los costos directos y costos indirectos del proyecto, para determinar la viabilidad durante la ejecución en términos financieros (Sapag et al., 2014). De la misma forma, los autores mencionan que los costos directos se determinan para los insumos del proyecto, mientras que los costos indirectos están asociados a los gastos generados por el consumo de bienes y servicios durante la ejecución del proyecto, como puede observarse en la tabla 4.2.

Tabla IV.2. Costos directos e indirectos del proyecto.

Tipo	Descripción de actividad	Precio unitario	Cantidad	Unidades	Total	Observaciones
Directos	Equipo tecnológico	¢500,000.00	4		¢2,000,000.00	Incluye computadoras y smartphones de gama media
	Software QGIS	¢0.00	2		¢0.00	Software open-source
	AutoCAD	¢0.00	2		¢0.00	Licencia estudiantil: Gratis
	Mobile Topographer	¢0.00	2		¢0.00	Aplicación Gratis
	Paquete Office	¢0.00	2		¢0.00	Licencia Estudiantil proporcionada por la UNA
	Giras de campo	¢20,000.00	10		¢200,000.00	Incluye combustible por kilometraje para desplazamiento a la zona de estudio.

Indirectos	Honorarios profesionales	₡284,409.93	12		₡3,412,919.16	Tarifa según Decreto N° 42748-MTSS para trabajador calificado como bachiller universitario (semestral)
	Servicio telefónico	₡15,000.00	2		₡30,000.00	2 servicios proporcionados por compañías telefónicas
	Servicio de internet	₡20,000.00	2		₡40,000.00	2 servicios proporcionados por compañías telefónicas
	Alimentación	₡3,000.00	20		₡60,000.00	Costos asumidos por la Intendencia Municipal de Colorado de Abangares
otros	Imprevistos	5%	-		₡287,145.96	-
Total					₡6,030,065.12	

Fuente. Elaboración propia, 2022

En función de lo anterior, cabe mencionar que los honorarios profesionales se cubren *ad honorem*, de tal manera que los sustentantes realizan el presente proyecto sin obtener beneficios económicos.

4.5. Estudio social

Para determinar la viabilidad social de ese estudio, es necesario abordar la interrogante expuesta por Sapag et al. (2014): “¿Cumple con los intereses de la comunidad interna y externa?”, para determinar si el proyecto cumple con este aspecto.

Fundamentalmente, la viabilidad social depende enteramente de la percepción social que tenga la comunidad y los actores claves sobre el proyecto a realizar. Los actores claves identificados son: El Concejo Municipal representado, en este caso, por la Gestora Ambiental Lic. Emilia Mora Alpízar, el presidente de la ASADA Alexander Peña, y CEMEX, representado por la Gestora Social Adriana Sanabria Nájera.

En las reuniones presenciales y remotas se dio a conocer la posición que tienen los actores claves respecto al proyecto. Todos los actores están a favor de la realización de la propuesta del PSA, y han sido claros que están con la disposición e interés de colaborar con la elaboración de dicho proyecto.

El presidente de la ASADA Alexander Peña hizo mención que la comunidad se encuentra interesada en posibles soluciones que ofrezcan una respuesta hacia la intrusión salina en el sistema de distribución potable de Peñas Blancas. Sin embargo, es necesario dar seguimiento respecto a la percepción social que tiene la comunidad mediante la aplicación de encuestas en los habitantes de Peñas Blancas.

A partir de los argumentos anteriores y considerando la naturaleza de los PSA, la realización de este proyecto provee un beneficio para la comunidad. Por tanto, al tomar en cuenta la posición de los actores claves, los sustentantes y la comunidad, se concluye que el proyecto posee viabilidad social.

De acuerdo con lo anterior, se demostró que el proyecto cuenta con la viabilidad legal, ambiental, técnica, social y financiera, por lo que se puede proceder al cumplimiento de los objetivos establecidos anteriormente en el capítulo de Introducción.

Capítulo V Metodología

El quinto capítulo consiste en la descripción de la estrategia metodológica para llevar a cabo el alcance propuesto en el proyecto. Dicha metodología a utilizar es la descrita por Bartram et al., (2009).

5.1. Descripción de la metodología

El proceso de elaboración de la propuesta de un PSA conlleva un enfoque de investigación mixto, el cual consiste en unir los enfoques cuantitativo y cualitativo en el proyecto a realizar (Pereira, 2011). La información cuantitativa producida consiste en informes de calidad de agua, informes del diseño del sistema de distribución de agua potable de la ASADA en estudio y el cálculo de riesgos que presenta el acueducto. En cuanto a la información cualitativa, en información respecto a la percepción social, la identificación de riesgos y su respectiva clasificación.

5.2. Proceso metodológico

5.2.1. Percepción social

Considerando el contexto expuesto en el capítulo de antecedentes sobre la comunidad de Peñas Blancas de Colorado, es sabido que esta sufre de una infiltración de salinidad en su fuente de abastecimiento. Sin embargo, es menester valorar la percepción social que tiene la comunidad respecto al servicio de agua potable tanto a nivel de calidad para el consumo humano y demás actividades que se pueden desarrollar en dicha zona.

Además, por la naturaleza de los PSA, es importante tener en cuenta la percepción de la comunidad en el momento de generar la propuesta. Por lo tanto, se empleó un instrumento de consulta para conocer este aspecto social, que se aplicó a los abonados de la ASADA de Peñas Blancas, el cual abordó la calidad de agua, continuidad del servicio tanto del acueducto comunal como el agua proveída por el AyA y las expectativas que tienen las personas habitantes de la comunidad en relación con el proyecto y el futuro de la ASADA. La aplicación del instrumento de consulta se realizó de manera presencial por parte de los sustentantes del proyecto, mediante el software de encuestas Google Forms.

5.2.2. Diseño del sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Peñas Blancas

La elaboración de los diseños del sistema de abastecimiento se realizó analizando cada uno de los elementos del sistema, desde la fuente de abastecimiento hasta la red de distribución, identificando el estado estructural en el que estos elementos se encuentran (captaciones, conducciones, almacenamiento, distribución...). Dichos diseños se realizarán mediante 3 etapas, las cuales se detallan en la figura 5.1.

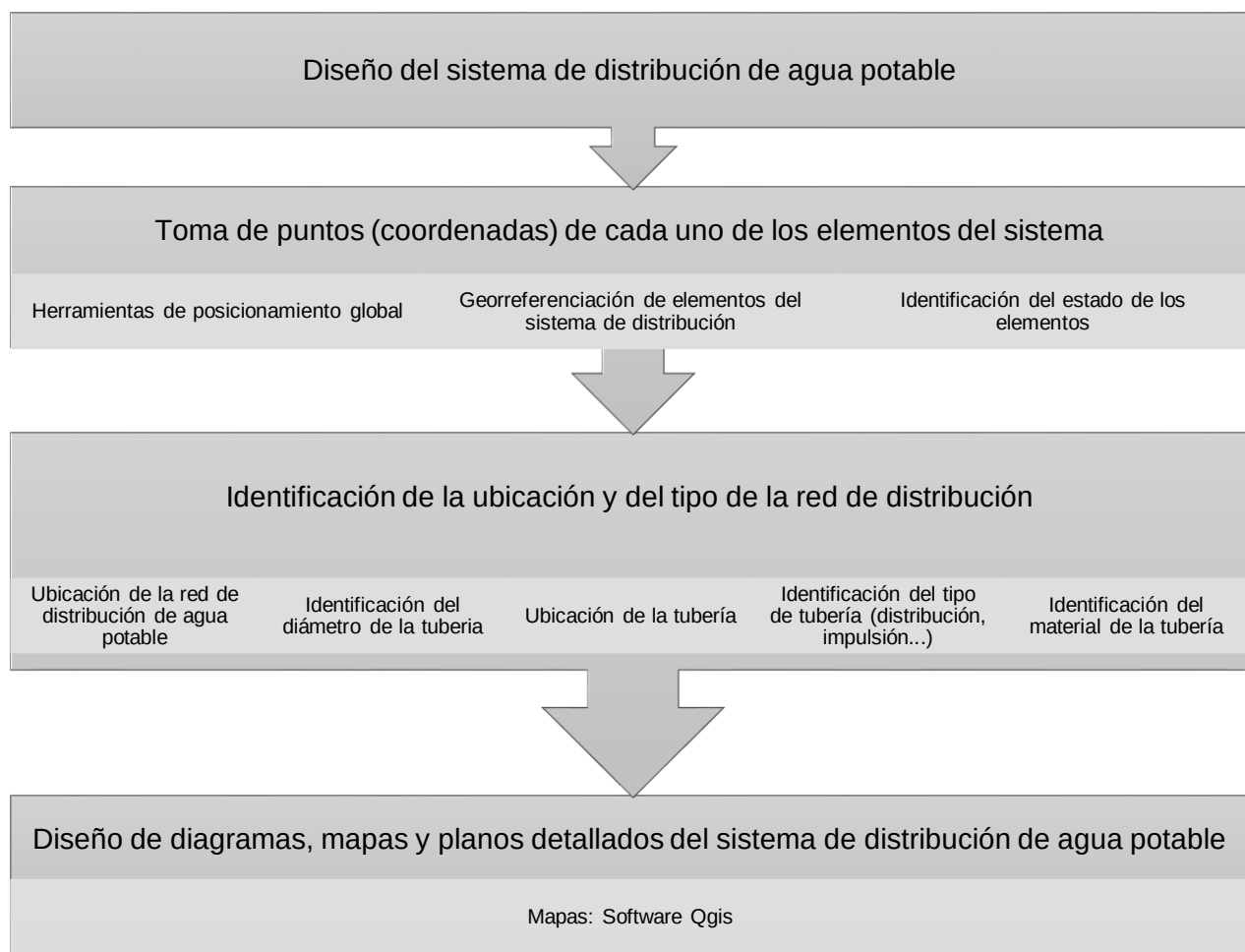


Figura V.1. Metodología para el diseño del sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Peñas Blancas

Fuente: Elaboración propia, 2022.

El diseño del sistema de distribución de agua potable generado permitirá a la ASADA identificar con mayor simpleza las necesidades operativas, por tanto, se considera de suma importancia la creación de cada uno de estos diseños.

5.2.3. Plan de Seguridad del Agua

La elaboración del plan de seguridad del agua se hará de acuerdo con lo propuesto en el Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo, escrita por Bartram et al., (2009). Cabe mencionar que los autores citados anteriormente resaltan en el manual que no existe una única forma de aplicar la metodología para elaborar un PSA y que esta metodología debe ser práctica. Dicho esto, para el siguiente proyecto se proponen cuatro fases de ejecución, visualizadas en la figura 5.2:



Figura V.2. Metodología para la elaboración de la propuesta de Plan de Seguridad del Agua.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

- **Fase 1. Formación del equipo del PSA:**

Se estableció un equipo calificado y que contaran con los conocimientos necesarios para elaborar el PSA. Por lo tanto, el equipo se conformó por personas involucradas en el servicio de abastecimiento del agua y de personas interesadas en el proceso; es decir, los actores claves de la comunidad.

Además, es necesario involucrar integrantes que estén asociados a instituciones públicas como del Ministerio de Salud, esto dictado en el Artículo N.º 2 en la directriz N.º 032-S “Implementación de los planes de seguridad del agua y la participación del Ministerio de Salud”.

- **Fase 2. Evaluación del sistema de distribución:**

Posterior a la formación del equipo del plan de seguridad, se inició la primera tarea, la cual consistió en describir completamente el sistema de suministro de agua potable. Considerando que la ASADA de Peñas Blancas no tiene documentación sobre el sistema, fue necesario generar este informe como un insumo para tanto la asociación como para llevar a cabo la propuesta del PSA.

Respecto al análisis de infraestructura, se realizó una evaluación detallada e independiente de cada etapa del sistema de acueducto en la comunidad mediante las Guías de inspección-SERSA (Anexo 9), instrumento que permite revisar el estado de un sistema de abastecimiento de agua potable y del entorno inmediato a las captaciones, con el fin de identificar los riesgos que puedan afectar su calidad.

De tal manera, se evaluó de manera aislada la captación, el tratamiento, la distribución y el punto del consumidor.

- **Fase 3. Matriz de Riesgos:**

Según Bartram et al. (2009), el equipo del PSA deberá determinar qué peligros o eventos peligrosos podrían producirse en el sistema de suministro de agua potable, dicha determinación de los peligros se realiza mediante visitas sobre el terreno, pero también mediante análisis de la documentación.

Por tanto, en conjunto con el equipo de trabajo, se determinaron los posibles peligros asociados a cada etapa del sistema de acueducto de forma independiente. Las siguientes tablas 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4 detallan cada uno de los riesgos:

Tabla V.1. Marco instrumental para la identificación de los riesgos que afectan a la etapa de captación de agua potable

Evento peligroso (fuente de peligro)	Peligros asociados (y cuestiones a tener en cuenta)
--------------------------------------	---

Fenómenos meteorológicos y climáticos	Inundación y cambios rápidos en la calidad del agua de la fuente
Variaciones estacionales	Cambios en la calidad del agua de la fuente
Geología	Arsénico, fluoruro, plomo, uranio, radón, pozos de infiltración (entrada al sistema de agua superficial)
Agricultura	Contaminación microbiológica, plaguicidas, nitrato abonado con estiércol líquido o sólido; desecho de cadáveres de animales
Explotación forestal	Plaguicidas, HPA - hidrocarburos poliaromáticos (fuegos)
Industria (incluidos los emplazamientos de antiguas industrias y las industrias abandonadas)	Contaminación química y microbiológica, posible pérdida de agua de la fuente debido a su contaminación
Transporte: carreteras	Plaguicidas, sustancias químicas (accidentes de tráfico)
Desarrollo urbanístico	Escorrentía
Viviendas: fosas sépticas	Contaminación microbiológica
Mataderos	Contaminación orgánica y microbiológica
Fauna	Contaminación microbiológica
Usos recreativos	Contaminación microbiológica
Demanda de agua para otros usos	Cantidad insuficiente
Almacenamiento de agua cruda	Toxinas y floraciones de algas, estratificación
Acuífero no confinado	Cambios inesperados en la calidad del agua
Deficiente impermeabilización de la toma de agua de pozo o pozo-sondeo	Entrada de agua superficial
Revestimiento de pozo-sondeo corroído o incompleto	Entrada de agua superficial
Inundación	Cantidad y calidad suficientes de agua cruda

Fuente: Bartram, et al., (2009).

Tabla V.2. Marco instrumental para la identificación de los riesgos que afectan a la etapa de tratamiento de agua potable.

Evento peligroso (fuente de peligro)	Peligros asociados (y cuestiones que tener en cuenta)
Cualquier peligro no controlado o atenuado en la cuenca de captación	Los señalados en el cuadro de peligros en la cuenca de captación
Suministro eléctrico	Interrupción del tratamiento / agua no desinfectada
Capacidad de las instalaciones tratamiento	Sobrecarga de la instalación de tratamiento
Desinfección	Fiabilidad Subproductos de la desinfección
Mecanismo de derivación	Tratamiento inadecuado
Avería del tratamiento	Agua no tratada
Uso en el tratamiento de materiales y sustancias químicas no aprobados	Contaminación del sistema de abastecimiento de agua
Uso en el tratamiento de sustancias químicas contaminadas	Contaminación del agua
Obstrucción de filtros	Eliminación insuficiente de partículas
Profundidad insuficiente del filtrante	Eliminación insuficiente de partículas
Seguridad deficiente / vandalismo	Contaminación / corte de suministro
Fallo de instrumentación	Pérdida de control
Telemetría	Fallo de comunicación
Inundación	Inutilización total o parcial de instalaciones de tratamiento
Fuego / explosión	Inutilización total o parcial de instalaciones de tratamiento

Fuente: Bartram, et al., (2009).

Tabla V.3. Marco instrumental para la identificación de los riesgos que afectan a la etapa de distribución de agua potable.

Evento peligroso (fuente de peligro)	Peligros asociados (y cuestiones que tener en cuenta)
Cualquier peligro no controlado o atenuado en el tratamiento	Los señalados en el cuadro de peligros en el tratamiento
Rotura de tubería	Entrada de contaminación
Fluctuaciones de la presión	Entrada de contaminación
Intermitencia del suministro	Entrada de contaminación
Apertura y cierre de válvulas	Perturbación de depósitos por la inversión o modificación del flujo Introducción de agua viciada
Uso de materiales no aprobados	Contaminación del sistema de abastecimiento de agua
Acceso de terceros a las tomas de agua	Contaminación por contraflujo Perturbación de depósitos por el aumento de flujo
Conexiones no autorizadas	Contaminación por contraflujo
Embalse de servicio a cielo abierto	Contaminación por la fauna salvaje
Embalse de servicio con fugas	Entrada de contaminación
Acceso no protegido a embalse de servicio	Contaminación
Seguridad / vandalismo	Contaminación
Terreno contaminado	Contaminación del agua por el uso de un tipo erróneo de tubería

Fuente: Bartram, et al., (2009).

Tabla V.4. Marco instrumental para la identificación de los riesgos que afectan a la etapa de consumo de agua potable.

Evento peligroso (fuente de peligro)	Peligros asociados (y cuestiones que tener en cuenta)
Cualquier peligro no controlado o atenuado en la distribución	Los señalados en el cuadro de peligros en la distribución

Conexiones no autorizadas	Contaminación por contraflujo
Tuberías de plomo	Contaminación por plomo
Tuberías de servicio de plástico	Contaminación por derrame de aceites o solventes

Fuente: Bartram, et al., (2009).

Tabla V.5. Riesgos identificados específicamente en la ASADA de Peñas Blancas.

Evento peligroso (fuente de peligro)	Peligros asociados (y cuestiones que tener en cuenta)
Ausencia de organización	Desintegración de la junta directiva de la ASADA
Cercanía del acuífero al mar	Intrusión salina a la fuente de abastecimiento
Pozo de abastecimiento localizado en terreno de terceros	Amenaza de corte del suministro

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Consecuentemente, los riesgos deben estar cuantificados para conocer su posible impacto, y esta cuantificación que se realizará comprende la estimación de la probabilidad o frecuencia y la gravedad o consecuencia (Bartram, et al., 2009; Davison, et al., 2006). Para calcular los riesgos se utilizaron los peligros identificados utilizando la siguiente formula:

$$\text{Probabilidad} * \text{Gravedad} = \text{Riesgo}$$

Y para la determinación del valor del riesgo se utilizaron los valores propuestos en el instrumento cuantitativo expuesto en la Tabla 5.6.

Tabla V.6. Instrumento semicuantitativo propuesto por el Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua.

Gravedad de la consecuencia						
		Efecto nulo o insignificante – Clasificación: 1	Efecto en el cumplimiento leve – Clasificación: 2	Efecto organoléptico moderado – Clasificación: 3	Efecto reglamentari o grave - Clasificación : 4	Efecto catastrófico en la salud pública - Clasificación: 5

Probabilidad de riesgos	Casi siempre Una vez al día Clasificación: 5	5	10	15	20	25
	Probable Una vez por semana Clasificación: 4	4	8	12	16	20
	Moderada Una vez al mes Clasificación: 3	3	6	9	12	15
	Improbable Una vez al año Clasificación: 2	2	4	6	8	10
	Excepcional Una vez cada 5 años Clasificación: 1	1	2	3	4	5
	Puntuación del riesgo	<6	6-9	10-15	>15	
	Clasificación del riesgo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	

Fuente: Bartram, et al., (2009).

- **Fase 4. Elaboración del plan operacional:**

Se elaboró un documento técnico según lo indica el Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua de la OMS, adaptado a la realidad actual de la ASADA de Peñas Blancas. Este buscó mediante las medidas de control y una visión integral la optimización de la gestión

del recurso hídrico por parte de la ASADA, lo que ha permitido reducir y mitigar los riesgos identificados a partir de los siguientes aspectos:

- Conformación robusta de una junta directiva ASADA.
- Establecer lineamientos base de operación de la ASADA.
- Priorización de medidas de control para cada uno de los riesgos identificados en la evaluación.
- Formalizar una propuesta de sistemas alternativos asequibles que reduzcan el estrés hídrico en la comunidad de Peñas Blancas.

El quinto capítulo expuso la metodología para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos del proyecto; y aunado a lo anterior, se proyecta un periodo de seis meses para finalizar el proyecto. En dicho tiempo se deberá cumplir con cada uno de los aspectos mencionados en el Plan Operacional generado para la ASADA de Peñas Blancas.

Capítulo VI Resultados

En el sexto capítulo se encuentran los resultados obtenidos y el abordaje de la discusión para cumplir los objetivos del proyecto propuesto para la ASADA de Peñas Blancas de Colorado de Abangares.

6.1. Resultados de la propuesta del Plan de Seguridad del Agua

De acuerdo con la metodología propuesta en el apartado 5.2.3. del proyecto, los resultados obtenidos para la elaboración de la propuesta del Plan de Seguridad del Agua llevarán la secuencia representada en la figura 5.2.

Fase 1: Formación del equipo del Plan de Seguridad del Agua

La formación del equipo del Plan de Seguridad del Agua para una ASADA es el principal requisito para iniciar con las demás fases, debido a la necesidad de tener al alcance los conocimientos técnicos de la ASADA y de material pertinente al estudio.

Tabla VI.1. Equipo del Plan de Seguridad del Agua.

Nombre	Función
Alexander Peña	Presidente de la ASADA
Emilia Mora Alpízar	Gestora Ambiental del Concejo Municipal de Colorado de Abangares
Luis Araya	Ministerio de Salud
Adriana Sanabria Nájera	Gestora Social de CEMEX-CEMPRO
Marlon Obando Zamora	Ingeniero
Jose Carlos Castro Vega	Ingeniero

Fuente: Elaboración propia.

En función de lo anterior, cada persona mencionada en la tabla 10 tuvo un rol fundamental para elaborar la propuesta de Plan de Seguridad del Agua, y aportaron conocimiento y perspectivas de importancia según su área de trabajo.

Fase 2: Evaluación del sistema de distribución

En este apartado, se detalla cada componente del sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado.

- **Descripción general del sistema**

El sistema posee una única fuente de abastecimiento; sin embargo, es un tipo de acueducto mixto, pues trabaja por gravedad y también por bombeo. La fuente de abastecimiento es un pozo perforado con intrusión salina, de este una bomba impulsa el agua hasta el sitio donde se ubica el tanque de almacenamiento para posteriormente distribuir el recurso hídrico por medio de gravedad. En cuanto a la totalidad de los usuarios, no cuentan con micromedidores en sus casas de habitación y el servicio de abastecimiento no es constante durante las 24 horas del día, con una tarifa domiciliar fija de 7000 colones (Figura 6.1).

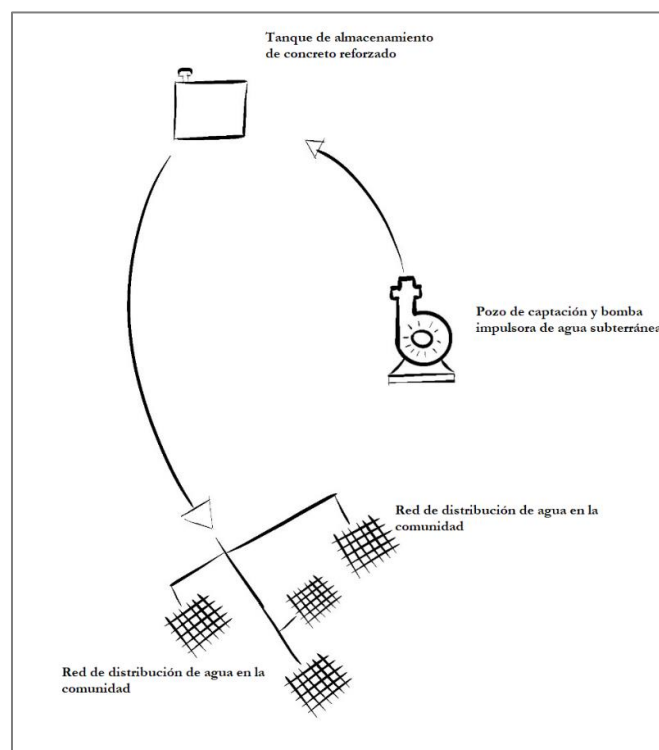


Figura VI.1. Diagrama general representativo del sistema de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, Abangares.

Fuente. Elaboración propia, 2022.

- **Pozo de abastecimiento**

Se encuentra ubicado según las coordenadas indicadas en la Tabla 6.2.

Tabla VI.2. Ubicación geográfica del pozo de abastecimiento de Peñas Blancas.

Fuente de abastecimiento	Coordenadas Norte CRTM05	Coordenadas Este CRTM05	Altura m.s.n.m
--------------------------	--------------------------	-------------------------	----------------

Pozo perforado	1127163.87836602	372065.792986876	15
----------------	------------------	------------------	----

Fuente. Elaboración propia.

Cabe destacar que el pozo de abastecimiento se encuentra debidamente inscrito en el Ministerio de Ambiente y Energía por parte de la Dirección de Aguas con el nombre pozo 1 AG-161 y según el expediente 763-R otorgado en el año 1969; además, posee un caudal concesionado de 1.37 m³/h para consumo humano.

En cuanto a características estructurales del pozo, esta cuenta con una caseta de concreto y está rodeado con un piso de concreto; sin embargo, no tiene una malla de protección perimetral y se encuentra a una distancia inferior a los 10 m con respecto a la carretera principal de la comunidad la Ruta 601. La principal particularidad del pozo que esta fuente de abastecimiento se encuentra salinizada, lo cual representa la principal problemática que afronta la ASADA en términos de servicios.



Figura VI.2. Caracterización del pozo de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado de Abangares.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

- **Tanque de almacenamiento**

Esta infraestructura se encuentra ubicada según lo indica la tabla 6.3.

Tabla VI.3. *Ubicación geográfica del tanque de almacenamiento de la ASADA de Peñas Blancas.*

Tanque de almacenamiento	Coordenadas Norte CRTM05	Coordenadas Este CRTM05	Altura m.s.n.m
Tanque de concreto reforzado	1127427.81537103	372205.450492940	65

Fuente. Elaboración propia, 2022.

El tanque de almacenamiento presenta una estructura de concreto reforzado sin ninguna patología estructural identificada más allá de humedad superficial; además, posee un respiradero de PVC 3 1/4" con una entrada de agua proveniente del pozo de abastecimiento en una tubería de PVC 2 7/8", y además cuenta con una única cámara de almacenamiento de 75 m³ cuyas dimensiones son de 5 m de largo, 5m de ancho y 3 m de profundidad. Este no cuenta con una malla de protección perimetral y tampoco posee un acceso como calles o servidumbres (Figura 6.3).



Figura VI.3. Caracterización del tanque de almacenamiento de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado de Abangares.

Fuente. Elaboración propia, 2022.

- **Red de distribución**

Se logró identificar y caracterizar la red de distribución del recurso hídrico, para un total de 17 nodos que incluyen infraestructuras de importancia, codos, conexiones tipo T y reducciones, por lo que por razones técnicas se decidió estimar la elevación de los puntos determinados (Tabla 6.4).

Tabla VI.4. Elevación (m.s.n.m) de cada punto identificado en el sistema de distribución de agua de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, Abangares, Guanacaste.

Nodo	Altitud (m.s.n.m)	Tipo
A	15	Pozo de abastecimiento
B	65	Tanque de almacenamiento

C	15	Conexión tipo T
D	15	Conexión tipo T
E	18	Conexión tipo T con reducción
F	19	Conexión tipo T con reducción
G	19	Reducción
H	20	Codo 90°
I	22	Final del ramal de la tubería
J	16	Final del ramal de la tubería
K	11	Conexión tipo T con reducción
L	11	Conexión tipo T con reducción
M	12	Reducción
N	11	Final del ramal de la tubería
O	10	Final del ramal de la tubería
P	16	Final del ramal de la tubería

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Posterior al mapeo de los nodos se identificaron 23 tramos de tubería, y estos se clasificaron respecto al diámetro nominal y material (Tabla 6.5).

Tabla VI.5. Clasificación y longitud de cada tramo identificado en el sistema de distribución de agua de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, Abangares, Guanacaste.

Tramo	Clasificación (")	Longitud (m)
-------	----------------------	-----------------

A-B	2 7/8	287
B-C	3 1/4	288
C-D	2 1/2	154
C-J	3/4	538
D-E	2	176
E-F	2	174
E-R	1	44
F-G	2	100
F-S	1 1/2	65
G-H	1 1/2	317
H-I	1	226
D-K	2	188
K-L	2	150
K-O	1 1/2	130
L-M	1 1/2	137
L-P	1 1/2	90
M-N	1	350

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Con toda la infraestructura identificada, se procedió a realizar un mapa con toda la información expuesta anteriormente (Figura 6.4.). Esto con el objetivo que funcione como un plano técnico para la ASADA de Peñas Blancas.

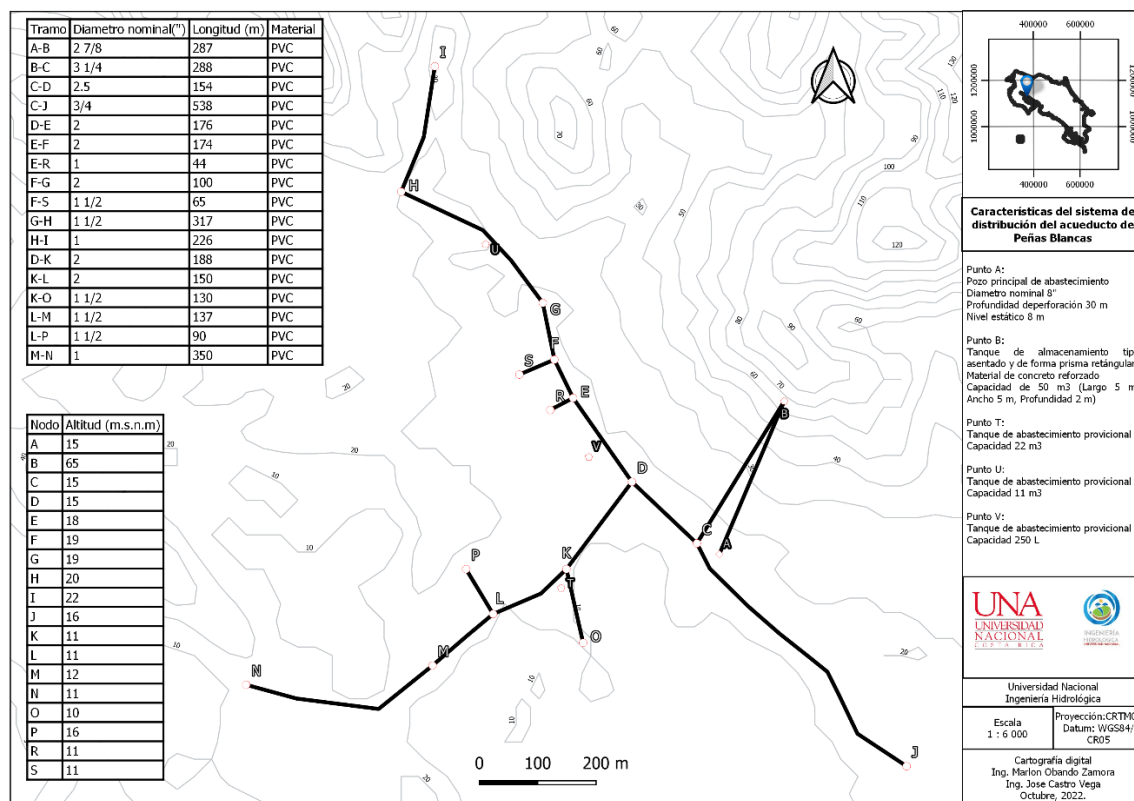


Figura VI.4. Mapa del sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, y con la caracterización técnica de dicho acueducto.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

- **Tanques de distribución de agua potable**

A partir del 2014, el AyA instaló dos tanques de 22m³ y de 11m³ en la comunidad de Peñas Blancas de Colorado, con el objetivo de abastecer el pueblo con agua potable mediante el uso de camiones cisterna. Además, la escuela de Peñas Blancas también posee un tanque de 250 litros, que se llena por el AyA los lunes y miércoles de cada semana. Dicha distribución de los tanques en la comunidad se observa en el apartado 1.1.4 de Elaboración de Documentación Técnica.

Si bien es cierto que gracias a los esfuerzos del AyA la comunidad de Peñas Blancas tiene acceso a agua potable mediante los tanques de distribución, hay espacio de mejora en términos de accesibilidad hacia estos tanques. Esto

debido a que existen familias que se encuentran lejos y deben caminar un largo trayecto para obtener el agua potable. Según el presidente, los tanques se encuentran ubicados en puntos estratégicos de la comunidad:

Se decidió ubicar los tanques en 2 sectores, el de 22m³ está en el centro del pueblo y el de 11m³ les suministra agua a las personas que viven sobre la calle principal, pero hay personas que tienen que caminar más de 100m y la mayoría son mujeres (A. Peña, comunicación personal, 30 de octubre del 2022).

Por otra parte, la escuela de esta comunidad representa un punto crítico de alto riesgo en cuanto a distribución de agua potable se refiere, ya que, como lo indica la cocinera de la institución, en ocasiones se quedan sin agua:

Hay días que me quedo sin agua para cocinar o para darles agua a los niños cuándo me vienen a pedir. Entonces, lo que tengo que hacer es ir hasta la tanqueta a traer agua. Nosotros ya hemos dicho que 250 L es muy poco y lo que hemos tenido que hacer es decirles a los estudiantes que traigan sus botellas con agua (Cocinera de la escuela, comunicación personal, 20 de noviembre del 2022).

Seguidamente, se muestra un área de influencia aproximada de los tanques de suministro de agua potable, así como la distancia aproximada que tienen que recorrer las personas que viven distantes a estos. Se puede observar que la mayor parte de las casas de habitación están ubicadas entre los radios de 100m a 200m y una ligera cantidad de personas recorren menos de 100m de distancia. Por otra parte, la casa más distante a un tanque de distribución se encuentra a 300m y la escuela está a unos 200 m. Aunado a lo anterior, la Ciudadela CEMPRO no hace uso de estos tanques para el suministro de agua potable, debido a que cuentan con su propio sistema de abastecimiento (Figura 6.5).

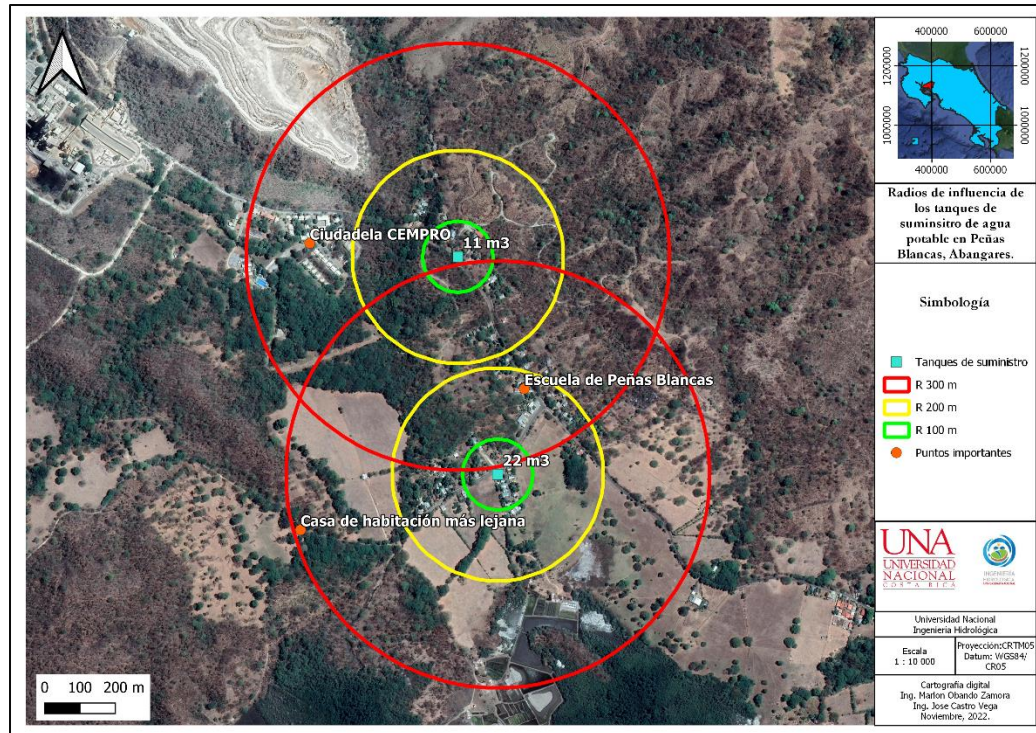


Figura VI.5. Mapa de radios de influencia de los tanques de suministro de agua potable en Peñas Blancas, Abangares

Fuente. Elaboración propia, 2022.

Identificación de puntos críticos

A lo largo de todo el sistema de distribución se identificaron distintos puntos críticos, los cuales serán descritos en el siguiente apartado.

Sistema de distribución

- Pozo: El pozo de la ASADA representa el primer punto crítico en todo el sistema, ya que el agua obtenida a través de este para el suministro se encuentra salinizada. Esto se pudo observar en estudios previos realizados, los cuales indican que los valores de salinidad son de 0,55 psu y los valores de conductividad superan en un 250% a la concentración recomendada por el Reglamento para la calidad de Agua Potable N°38924-S (Figura 6.6).

Parámetros físico-químicos			
Parámetro (unidad)	Resultado	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Sólidos totales disueltos (ppm)	513	-	1000
Temperatura (°C)	29,3	18	30
Salinidad (psu)	0,55	-	-
Conductividad (µs/cm)	1025	400	-
Magnesio como carbonato de calcio (mg/L CaCO ₃)	11	-	-
Calcio como carbonato de calcio (mg/L CaCO ₃)	32	-	-
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	43	400	500
Cloro residual libre (mg/L)	N.A.*	0,3	0,6
Cobre (mg/L)	2,16	1	2

*N.A.: No aplica

Figura VI.6. Parámetros físicoquímicos de la fuente de abastecimiento.

Fuente. Torres, 2013.

Sumado a lo anterior, este pozo se encuentra ubicado en un terreno que actualmente presenta disputas legales. El presidente de la ASADA comenta que:

“Años atrás el terreno fue donado por una institución para la creación del pozo. Pero, el terreno tiempo después fue comprado por otra persona (actual dueño); y este nuevo dueño, indica que el pozo le pertenece a él” (A. Peña, comunicación personal, 6 de julio del 2022).

Esto lo vuelve un punto crítico en todo el sistema de distribución.

- Tanque: Al igual que el pozo de abastecimiento, el tanque de almacenamiento se encuentra ubicado en un terreno con disputas legales, por lo que no es posible acceder a este, ni se le da un mantenimiento continuo y adecuado al tanque, según lo menciona el presidente:

“Desde hace tiempo no se cuenta con un fontanero, y a mí se me dificulta cargar con todo, desde la parte administrativa hasta la parte de mantenimiento. Actualmente, llevo 2 años sin subir a ver el tanque y el

tanque tiene aproximadamente 5 años sin recibir mantenimiento general” (A. Peña, comunicación personal, 6 de julio 2022).

Además, el tanque está ubicado en una zona altamente vulnerable a los incendios forestales, los cuales ocurren muy frecuentemente en época seca.

- Tubería expuesta: A lo largo de todo el sistema de distribución del acueducto se encontraron distintos puntos con alta vulnerabilidad estructural y un historial de constantes fracturas. A continuación, en la Figura 6.7. se observa un punto con alta vulnerabilidad, el cual ha sufrido daños debido al mal diseño de la infraestructura construida para el paso elevado de la tubería:



Figura VI.7. Punto crítico, paso a desnivel de la tubería.

Fuente. Elaboración propia, 2022.

- Tipo de tubería: Parte del sistema de distribución cuenta con tubería de PVC con diámetros no estandarizados, lo que dificulta las reparaciones y reposiciones, según comenta el presidente de la ASADA:

“He buscado estos diámetros de tuberías en Nicoya, Abangares, Cañas y Liberia; y en todos los almacenes me indican que las tuberías están

descontinuadas, y si quiero conseguirlas tengo que mandarlas a hacer” (A. Peña, comunicación personal, 30 de octubre del 2022).

A continuación, se observa una de las uniones tipo artesanales que se hicieron para reparar una tubería rota, Figura 6.8.



Figura VI.8. *Reparación artesanal en tuberías de diámetros no estandarizados*

Fuente: Elaboración propia, 2022.

- Micromedidores: Otro punto crítico en el acueducto es que ninguna de las casas de habitación cuenta con micromedidores, a pesar de que en bodega la ASADA cuenta con alrededor de 150 unidades de estos donados por AyA. Ante ello, indica el presidente que:

Las personas de la comunidad no están dispuestas a aceptar que se les instalen micromedidores en sus casas de habitación, porque el agua que le

suministra la ASADA no es potable y no la consumen. Esta situación nos ha traído problemas con ARESEP y AyA. También, si instalamos micromedidores estos se fregarían muy rápido por la alta salinidad que tiene el agua (A. Peña, comunicación personal, 30 de octubre del 2022).



Figura VI.9. Micromedidores guardados en la caseta del pozo del acueducto de Peñas Blancas, Abangares.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Es importante resaltar que sin micromedición no se puede llevar un control del agua abastecida, lo que impide analizar la oferta y demanda, ni los balances hídricos.

Fase 3: Matriz de riesgos

- **Guía SERSA**

A través de la guía de inspección para la calidad de agua potable-SERSA, se realizó el siguiente diagnóstico para cada componente del sistema del acueducto de Peñas Blancas de Colorado, Abangares (Tabla 6.6).

Tabla VI.6. Resultados obtenidos de la guía de inspección para la calidad de agua potable-SERSA.

Lugar	Puntuación	Clasificación de riesgo	Código de Colores	Acción para disminuir los factores de riesgo
Pozo	6	Alto	AMARILLO	Elaborar plan de emergencia y sensibilizar a la comunidad sobre los riesgos. Girar orden sanitaria con un plazo de 1 mes para obtener evidencia de mejoras.
Tanque	5	Alto	AMARILLO	Cada factor de riesgo implica acciones que deben tomarse para eliminar cada uno de los que se presente. En el caso del tanque de almacenamiento, las acciones deben coordinarse con el Nivel Central y

				Regional, además del AyA, en caso necesario.
Línea de conducción y sistema de distribución	9	Muy alto	ROJO	Girar orden sanitaria y convocatoria urgente a los actores sociales claves para ejecutar en el menor plazo las acciones correctivas necesarias. Plazo de 1 mes para verificar cumplimiento de la orden sanitaria

Fuente: Elaboración propia, 2022.

- **Matriz de riesgos**

Para esta fase se realizó una matriz de riesgos en la que se consideraron cada una de las etapas del acueducto, desde el área administrativa, la infraestructura, incluyendo los tanques de suministro de agua potable y al usuario final (Tabla 6.7). Dicha matriz fue validada en conjunto con el Ministerio de Salud, el Consejo Municipal de Colorado de Abangares y el presidente de la ASADA.

Tabla VI.7. Resultados de la matriz de riesgos en la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, Abangares.

Etapa del proceso	Evento Peligroso	Tipo de Peligro	Probabilidad	Gravedad	Puntuación	Calificación de riesgo	Fundamento
Área administrativa	Falta de una Junta Directiva	Legal	5	5	25	Muy alto	No existe una gestión adecuada del acueducto.
	Ausencia de un fontanero	Legal	5	5	25	Muy alto	Existe una limitada respuesta ante las necesidades de mantenimiento y emergencias por falta de personal.
	Falta de micromedidores	Físico	5	4	20	Muy alto	No existe un control sobre el consumo y el uso racional del recurso hídrico.
	Falta de control de calidad del servicio brindado	Legal, Químico, Microbiológico	5	5	25	Muy alto	No poseen datos de la calidad del agua suministrada, lo que facilita la contaminación por microorganismos patógenos y sedimentos.
	Ausencia de sistematización	Físico	3	3	9	Medio	No existen procesos

							establecidos que garanticen una adecuada captación, almacenamiento y distribución del recurso.
	Ausencia de documentación técnica	Físico, Legal	4	4	16	Muy alto	La información técnica del sistema se concentra y se fundamenta en el conocimiento de una sola persona, lo que dificulta realizar gestiones y reparaciones.
	Disputas legales	Legal	5	5	25	Muy alto	Causa una dificultad al gestionar el acueducto, lo que genera desconfianza por parte del usuario y vulnerabilidad administrativa.
Pozo de Abastecimiento	Salinización del acuífero	Químico	5	5	25	Muy alto	La comunidad no cuenta con una fuente de abastecimiento de agua potable, esto genera que

							la comunidad presente un factor de riesgo respecto a la salud humana y al derecho de agua limpia y saneamiento.
	Ausencia de Perímetro de Protección	Físico	5	4	20	Muy alto	Sin un perímetro de protección el pozo queda vulnerable ante factores que pueden dañar su infraestructura.
	Inundación debido a altas precipitaciones	Físico, química, microbiológico	1	5	5	Bajo	Debido a la ubicación del pozo ante fenómenos meteorológicos extremos, este se inunda, se llena de lodo y su integridad se ve comprometida.
	Inundación debido a marea alta	Físico, química, microbiológico	1	5	5	Bajo	El agua de mar puede inundar y dañar la infraestructura.
	Incendios forestales	Físico	3	5	15	Alto	El fuego producto de los incendios

							forestales en los alrededores puede generar daños en la infraestructura.
	Ausencia de un plan de mantenimiento	Físico, microbiológico	4	5	20	Muy alto	La ausencia de mantenimiento implica un deterioro en la infraestructura y componentes eléctricos de la bomba, lo cual reduce el rendimiento y aumenta los costos de reparación.
	Vandalismo	Físico, químico, microbiológico	2	5	10	Alto	Considerando que el pozo se encuentra muy cerca de la ruta principal de la comunidad, tiene vulnerabilidad alta de recibir vandalismo, como robo de piezas mecánicas y eléctricas, y susceptible a daños.

	Ubicación en terreno privado	Legal	5	5	25	Muy alto	El pozo se encuentra en un terreno privado, esto dificulta realizar ciertas acciones de mejora a la infraestructura.
Tanque de Almacenamiento	Ausencia de Perímetro de Protección	Físico	5	5	25	Muy alto	Sin un perímetro de protección el pozo queda vulnerable ante factores que pueden dañar su infraestructura.
	Incendios Forestales	Físico	4	3	12	Alto	El fuego producto de los incendios forestales en los alrededores puede generar daños en la infraestructura.
	Ausencia de un plan de mantenimiento	Físico, microbiológico	5	5	25	Muy alto	La ausencia de mantenimiento implica un deterioro en la infraestructura, lo cual reduce el rendimiento y aumenta los costos de reparación.

	Falta de acceso por ubicarse en terreno privado	Físico, Legal	5	5	25	Muy alto	El tanque de almacenamiento actualmente no posee un acceso, por lo que se dificulta realizar mantenimiento y hacer reparaciones
Red de distribución	Salinización del agua suministrada	Físico, químico, microbiológico	5	5	25	Muy alto	Genera deterioro en las infraestructuras metálicas, lo que dificulta la colocación de hidrantes y presenta un riesgo para la salud pública.
	Ausencia de Hidrantes	Físico	5	5	25	Muy alto	Al no tener hidrante en la red de distribución, la comunidad está vulnerable a incendios.
	Ausencia de un plan de mantenimiento	Físico, microbiológico	5	5	25	Muy alto	La ausencia de mantenimiento implica un deterioro en la infraestructura, lo cual reduce el

							rendimiento y aumenta los costos de reparación.
	Ausencia de válvulas de liberación de presión	Físico	3	2	6	Medio	La ausencia de válvulas que liberen la presión implica que la vida útil de las tuberías se reduzca.
	Tubería expuesta	Físico, químico, microbiológico	4	3	12	Alto	La tubería expuesta puede sufrir daños que disminuyan la presión en el suministro.
	Dimensiones no normalizadas de tubería	Físico	5	5	25	Muy alto	Dificulta el cambio de la red de distribución lo que puede dificultar las reparaciones o cambios en la tubería y generar cortes prolongados en la distribución.
	Infraestructura defectuosa en pasos elevados	Físico	4	3	12	Alto	Posibilidad de caída de tubos en pasos elevados por algún

							deslizamiento, lo que puede generar cortes en el suministro de agua.
	Derretimiento de tubería debido a incendios forestales	Físico	3	5	15	Alto	Constantes incendios forestales pueden derretir la infraestructura y generar cortes en el suministro.
	Tubería antigua	Físico	5	4	20	Muy alto	La tubería ya cumplió la vida útil, por lo que está propensa a fracturas debido al desgaste.
Tanque de Suministro de agua potable	Ausencia de un plan de mantenimiento	Físico, químico, microbiológico	3	5	15	Alto	La ausencia de mantenimiento implica un deterioro en la infraestructura, esto reduce el rendimiento y aumenta los costos de reparación.
	Ausencia de infraestructura de protección	Físico, químico, microbiológico	3	5	15	Alto	Sin un perímetro de protección el pozo queda vulnerable ante factores que

							pueden dañar su infraestructura.
Usuario Final	Salinización del agua suministrada	Físico, químico, microbiológico	5	5	25	Muy alto	Limita las funciones que pueden realizar los habitantes en su día a día y presenta un riesgo para la salud pública.
	Inundaciones debido a precipitaciones	Físico	4	5	20	Muy alto	Las inundaciones son un riesgo para la salud pública
	Inundaciones debido a marea alta	Físico	1	4	4	Bajo	Considerando la posición geográfica de la comunidad, las inundaciones por mareas son frecuentes y, por ende, un riesgo para la salud pública.
	Dificultad al acceso a los tanques de suministro de agua potable	Físico	5	5	25	Muy alto	Presenta una limitación al derecho humano de la accesibilidad al agua potable.

	Corte en el suministro del agua	Físico, químico, microbiológico	5	4	20	Muy alto	Se genera un corte en el suministro del agua diariamente, lo que limita los quehaceres de las personas que dependen del agua suministrada por el acueducto.
Microcuenca	Contaminación por vertidos de aguas de procesos industriales	Físico, químico, microbiológico	5	5	25	Muy alto	Las aguas residuales industriales presentan un riesgo ecológico para la parte baja de la microcuenca.
	Contaminación por aguas de procesos mineros	Físico, químico, microbiológico	1	5	5	Bajo	La presencia de aguas de procedencia minera no son usuales, sin embargo, son un peligro latente a nivel de toda la cuenca por los metales pesados utilizados en el proceso minero.

	Uso de agroquímicos y plaguicidas	Físico, químico, microbiológico	1	5	5	Bajo	Existe un riesgo ecológico debido a la presencia de sustancias tóxicas por actividades agropecuarias cuenca arriba
	Vertido de sustancias tóxicas	Físico, químico, microbiológico	3	5	15	Alto	Un riesgo ecológico debido al vertido de sustancias tóxicas (veneno) al río.
	Pesca vía explosivos	Físico, químico, microbiológico	2	5	10	Alto	Pesca irresponsable que afecta el sector pesquero de la zona y los servicios ecosistémicos
	Incendios forestales	Físico	5	5	25	Muy alto	El fuego producto de los incendios forestales en los alrededores puede generar daños al ecosistema.
	Deforestación de manglar	Físico, químico, microbiológico	3	5	15	Alto	Un riesgo ecológico que afecta el ecosistema y, a

							su vez, aumenta la vulnerabilidad de las comunidades ante las inundaciones por la marea.
--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fase 4: Elaboración del plan operacional

El plan operacional fue elaborado de acuerdo con la matriz de riesgos, además, se estructuró con los elementos identificados en la evaluación del sistema de distribución de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, Abangares. De tal manera, que el plan operacional aborda las medidas correctivas, plan de mejora, tiempo de ejecución estimado y los responsables de ejecutar las medidas propuestas en los siguientes componentes:

- Área administrativa
- Pozo de abastecimiento
- Tanque de almacenamiento
- Tanques de suministro de agua potable
- Red de distribución

De acuerdo con los elementos mencionados anteriormente, se propone el siguiente plan operacional para la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, Abangares (Tabla 6.8.).

Tabla VI.8. Propuesta de Plan Operacional para la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, Abangares.

Componente del Sistema	Estado actual	Medidas correctivas	Responsable	Tiempo estimado de ejecución	Marco metodológico de verificación
Área administrativa	No cuenta con una Junta Directiva estable	Establecer lineamientos que generen compromiso por parte de los integrantes	Asociación de Desarrollo, en conjunto con el Concejo Municipal de Colorado	2 meses	Reportes administrativos
	No cuenta con un fontanero encargado del acueducto, además, se encuentran en procesos legales con el fontanero pasado.	Buscar asesoramiento de un profesional en el tema legal, y posteriormente contratar un fontanero por servicios profesionales o de manera permanente.	Área administrativa de la ASADA, Asociación de Desarrollo y el Concejo Municipal	4 meses	Reportes administrativos
	No posee un programa de mantenimiento general del sistema de distribución	Elaborar un cronograma de acuerdo con la norma técnica y procedimientos para el mantenimiento preventivo de los sistemas de abastecimiento de agua del AyA No. 2001-175.	ASADA en acompañamiento con el Concejo Municipal de Colorado	1 mes	Reporte técnico

		Este cronograma funciona como medida correctiva ante la falta de mantenimiento en cada componente del sistema de abastecimiento.			
	No posee un registro de análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua suministrada, tanto en la que suministra la ASADA como la abastecida por el AyA	Realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos de acuerdo con el Reglamento para la calidad de Agua Potable N.º 38924-S, donde se establece la periodicidad de muestreos y los parámetros a analizar.	ASADA	Tiempo estimado de acuerdo con lo establecido en el Reglamento para la calidad de Agua Potable N.º 38924-S (Anexo 17)	Reportes administrativos
Pozo de abastecimiento	No posee un perímetro de protección	Construir el perímetro de protección	Área administrativa de la ASADA y Stakeholders	5 meses	Inspección
	El pozo presenta mucha vegetación en sus alrededores	Una limpieza de maleza y podado de árboles	ASADA y Asociación de Desarrollo	1 mes	Inspección
Tanque de almacenamiento	El tanque de almacenamiento actualmente no posee un acceso	Crear una ruta de acceso que facilite el ingreso para dar	ASADA y Asociación de Desarrollo. En caso de	2 meses	Inspección

		mantenimiento y hacer reparaciones	situaciones legales, el Concejo Municipal de Colorado deberá intervenir.		
Tanques de suministro de agua potable	Únicamente se cuenta con dos tanques de suministro de agua potable, a pesar de que el CNE donó un tanque 11m ³ .	Hacer uso del tanque donado en la escuela de Peñas Blancas, de tal manera que se reduzca la falta de agua en la institución.	ASADA, Asociación de Desarrollo y Junta Directiva de la Escuela de Peñas Blancas	2 meses	Inspección
	Ausencia de techos de protección en los tanques de suministro de agua potable	Construir la infraestructura para proteger los tanques sin restringir el suministro de agua potable	Administración de la ASADA y stakeholders	6 meses	Inspección
Red de distribución	Ausencia de hidrantes en el sistema de distribución	Elaborar los diseños de hidrantes y los planos de ubicación de estos	Bomberos de Costa Rica y área administrativa de la ASADA	6 meses	Reportes técnicos e Inspecciones
	El sistema de abastecimiento actual se encuentra cerca de cumplir su vida útil, por lo tanto,	Cambio total del sistema de conducción de agua	Administración de la ASADA, Stakeholders y el Concejo Municipal de Colorado	2 años	Reportes técnicos e Inspecciones

	su red de distribución está compuesta por tubería antigua de dimensiones no normalizadas				
	Hay tuberías que se encuentran en los márgenes de los ríos y puentes	Cambio de ubicación de tubería y reforzamiento de la estructura complementaria	Administración de la ASADA y Stakeholders	2 años	Reportes técnicos e Inspecciones

Fuente: Elaboración propia, 2022.

6.2. Resultados del Instrumento Social

A continuación, se exponen los resultados obtenidos de las encuestas para analizar la percepción social que posee la comunidad en distintas temáticas de importancia respecto al recurso hídrico.

6.2.1. Participación por parte de las instituciones relacionadas al manejo del recurso hídrico

En cuanto a la percepción que tiene la comunidad respecto a la participación de las instituciones relacionadas al manejo del recurso hídrico (Figura 6.10):



Figura VI.10. Calificación dada por parte de la comunidad respecto a la participación de las instituciones relacionadas al manejo del recurso hídrico.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

6.2.2. Uso del agua en la comunidad de Peñas Blancas de Colorado.

La percepción social, como se había definido anteriormente en el marco teórico, es la forma en que se ve una realidad determinada, en este caso sería en cuanto al servicio de agua en la comunidad de estudio. Por ende, parte del proceso metodológico para obtener la percepción social de los habitantes de Peñas Blancas de Colorado es realizar el estudio del uso del agua respecto al sitio y la actividad (6.11).

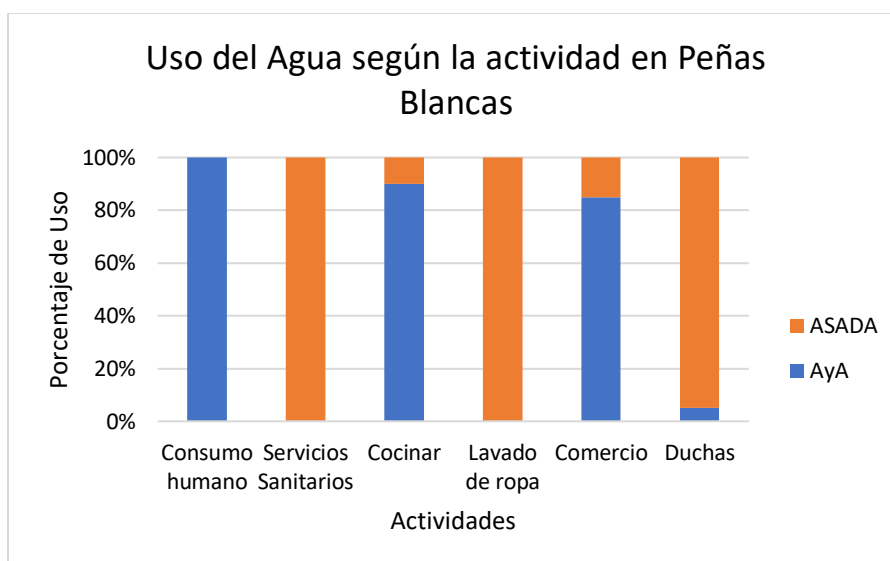


Figura VI.11. *Percepción social del uso del agua según la actividad en Peñas Blancas de Colorado, Abangares.*

Fuente: Elaboración propia, 2022.

6.2.3. Accesibilidad hacia los tanques de suministro de agua potable

Considerando el contexto de la comunidad en estudio, es necesario obtener resultados sobre la percepción que tienen los habitantes respecto a la accesibilidad hacia los tanques de suministro de agua potable, ya que la dificultad que consideran los habitantes de ir a recoger agua en los tanques es directamente proporcional a la dificultad de obtener agua potable para la familia (Figura 6.12).

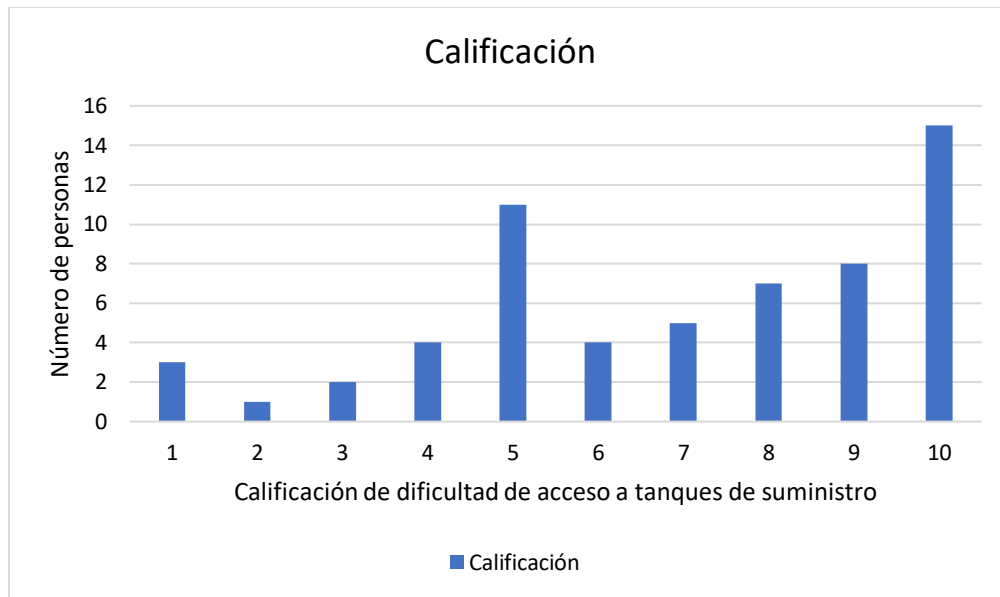


Figura VI.12. *Calificación de los habitantes respecto a la accesibilidad a los tanques de suministro de agua potable.*

Fuente: Elaboración propia, 2022.

6.2.4. Participación por parte de la comunidad para buscar soluciones alternativas ante la crisis de agua potable

Dentro del instrumento de consulta, se realizó la pregunta de si las personas colaborarían con la ASADA para encontrar otras fuentes de abastecimiento de agua potable (Figura 6.13). Esta pregunta se formuló con la intención de involucrar más a la comunidad en la toma de decisiones sobre el recurso hídrico y, a su vez, funcionar como un respaldo para la ASADA de tal manera que se pueda percibir un apoyo.

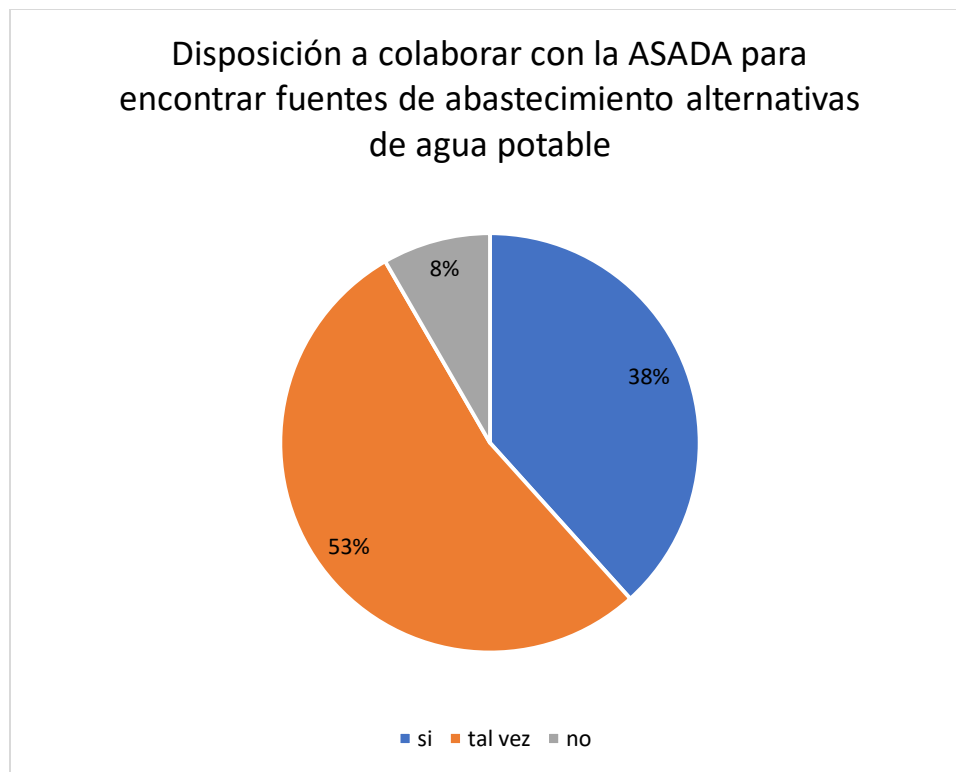


Figura VI.13. Disposición de los encuestados en colaborar con la ASADA de Peñas Blancas para encontrar fuentes de abastecimiento alternativas de agua potable.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

6.3. Discusión de principales hallazgos

6.3.1. Evaluación del sistema de distribución de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado

El pozo está ubicado en una zona de alto riesgo ante problemas de naturaleza climática como las inundaciones, las cuales rodean todo el sector de la caseta con un espejo de agua, el cual posee una profundidad cercana a los 30 cm; además, los alrededores cuentan con mucha vegetación de tipo charral, lo que ha propiciado constantes incendios forestales.

Respecto al tanque de almacenamiento, el volumen de agua almacenado no supera los 40 m³ en ninguna de las inspecciones realizadas, con la particularidad de que posee una carga considerable de sedimentos. A su vez, los alrededores de este

presentan una vegetación tipo charral abundante, la cual sufre de constantes incendios forestales durante época seca.

En términos de la red de distribución, la tubería de impulsión al tanque presenta un diámetro nominal de 2 7/8" y, según la información proporcionada por el presidente, las tuberías de este diámetro nominal no se encuentran en el mercado, lo que implica un riesgo para el suministro.

Finalmente cabe mencionar que el servicio de suministro de agua potable a través de los tanques de distribución es ininterrumpido, por lo que la comunidad cuenta con agua potable las 24 horas del día, a excepción del tanque ubicado dentro de la escuela de Peñas Blancas de Colorado.

6.3.2. Matriz de riesgos

En la matriz de riesgos realizado, los riesgos con una mayor puntuación en la calificación fueron aquellos que inherentemente son imposibles de controlar, lo que obliga que la ASADA y entes institucionales deban tomar medidas para mitigar y compensar los efectos adversos que puedan ocurrir debido a estos fenómenos. Por lo tanto, para el caso de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, se considera que el acueducto está altamente vulnerable ante el cambio climático.

De acuerdo con lo anterior, también se identifica como segundo factor fundamental en los riesgos de mayor puntuación a los problemas administrativos. Debido a la fragilidad que posee la ASADA en estudio respecto a este tema, la respuesta que tiene el acueducto ante eventos climáticos o emergencias es débil.

Como tercer factor de alto riesgo identificado fueron los conflictos legales que tiene la ASADA. Originalmente, la metodología propuesta por la Organización Mundial de la Salud para los Planes de Seguridad del Agua no contemplaba este tipo de riesgo, sin embargo, por la alta relevancia en la situación actual de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, se realizó este ajuste y se determinó que estos riesgos tienen una puntuación alta.

A nivel de microcuenca, se identificaron riesgos de gravedad alta, pero contemplando la probabilidad o frecuencia en que estos ocurren, su puntaje no es tan grave en comparación a los anteriormente mencionados. Aquí es menester mencionar que en el mes de julio del año 2022 una laguna de almacenamiento de aguas mineras en Abangares colapsó, y contaminó el río Abangares con químicos tóxicos como cianuro y mercurio. Esta afectación hizo que las autoridades solicitaran que los vecinos de las comunidades cuenca abajo (Colorado, San Buenaventura, Peñas Blancas, entre otros) se mantuvieran alejados de los ríos que son subafluentes del río Abangares. Por lo tanto, la gravedad es muy alta, pero debido a que las probabilidades de que estas catástrofes sucedan son baja, se determina que la calificación de gravedad es baja.

Similar a lo anterior, se encontraron camarones muertos a lo largo de una de las quebradas intermitentes de la comunidad, lo cual es un indicador de que el cuerpo de agua está contaminado con alguna sustancia nociva (Anexos 13 y 14). De acuerdo con el presidente de la ASADA, que se encontraba presente en el sitio en el momento en que se encontraron estos invertebrados, esto es probablemente debido al vertido de sustancias tóxicas en el río.

En función de malas prácticas, el presidente de la ASADA comenta que algunos pescadores de la zona emplean dinamita para pescar. Sin embargo, esta metodología ocasiona un gran desperdicio porque se aprovecha solamente una pequeña porción de los pescados muertos por la explosión.

Finalmente, de acuerdo con Chacón, (2018), un elemento clave en los protocolos establecidos en el Plan de Seguridad del Agua es el involucramiento de la comunidad durante el proceso de la implementación de este, debido a que los habitantes poseen conocimiento de importancia respecto a los riesgos presentes en la zona.

6.3.3. Plan Operacional

La ASADA presenta dificultades en términos administrativos, en su mayoría debido a la falta de personal que integre y se responsabilice con su labor dentro de la

junta directiva. Por esta razón, dentro del Plan Operacional se propone establecer lineamientos de compromisos que promuevan la constancia y participación de cada uno de los integrantes. A su vez, a través de educación sobre la Gestión Integral del Recurso Hídrico se pretende concientizar a las personas que integren la junta directiva de la ASADA sobre la importancia que tiene el acueducto para el desarrollo socioeconómico de la comunidad. Por otra parte, es urgente definir a través de los planes de mantenimiento del acueducto el tipo de contratación que se le otorgará a un nuevo fontanero, ya que es fundamental que exista una persona a cargo del mantenimiento y dé pronta respuesta ante emergencias.

Al analizar detalladamente cada elemento del acueducto, se determinó que la mayoría de las tuberías están cercanas a cumplir su vida útil, y el diámetro nominal de parte de la red de distribución no está estandarizado. Teniendo en cuenta la complejidad que implica la sustitución en términos económicos y de duración, se propone realizar el cambio de la tubería a través de la priorización de sectores; es decir, se debe realizar primero el cambio de la tubería que está expuesta a mayores esfuerzos y cargas, y que representan un riesgo para todo el suministro, por ejemplo: Tramo Pozo-Tanque y tramo Tanque-Sistema de distribución de la comunidad. En ese sentido, esta sustitución de la tubería debe ser un trabajo en conjunto entre la ASADA, posibles actores claves (Stakeholders), el Concejo Municipal de Colorado de Abangares, AyA y la Asociación de Desarrollo de la comunidad.

6.3.4. Percepción social

- **Participación por parte de las instituciones relacionadas al manejo del recurso hídrico**

La forma en que percibe la comunidad la participación de las instituciones relacionadas al manejo del recurso hídrico es un factor para tomar en cuenta. Primeramente, el AyA obtuvo un puntaje regular debido a que es la institución que se encarga de distribuir agua potable en los tanques de distribución en la comunidad de Peñas Blancas. Sin embargo, de acuerdo con lo conversado con la comunidad, la calidad del agua varía dependiendo del lugar del que el AyA traiga el agua. De acuerdo con el

presidente de la ASADA, Alexander Peña, el agua puede ser de Cañas o del distrito Las Juntas de Abangares.

Respecto a la municipalidad, la comunidad considera que la participación ha sido satisfactoria, debido a que esta institución trabaja directamente con la junta directiva de la ASADA y provee soluciones de impacto en la comunidad, como lo es la carretera. No obstante, la comunidad en general presenta disgusto por la situación que tienen que afrontar respecto a la disponibilidad de agua.

El Ministerio de Salud fue la institución que tuvo el puntaje más bajo respecto a los demás, principalmente porque la comunidad no encuentra o reconoce algún impacto que hayan tenido sobre las problemáticas del abastecimiento de agua potable. Por lo tanto, las respuestas obtenidas tienen un sesgo entre una participación insatisfactoria y el desconocimiento de la participación del Ministerio de Salud.

La Comisión Nacional de Emergencias (CNE) obtuvo una puntuación satisfactoria respecto a la percepción que tiene la comunidad hacia esta institución, debido a que el CNE realizó una donación de tanques de distribución para la comunidad de Peñas Blancas de Colorado.

Finalmente, el sector privado, que fundamentalmente es el productor de cemento CEMPRO, tiene un puntaje alto en comparación a las demás instituciones debido a que participa directamente con la ASADA, pues la industria también requiere de la disponibilidad de agua. Además, de acuerdo con Alexander Peña, esta productora tiene un compromiso con la comunidad de Peñas Blancas, donde la empresa castiga a los trabajadores que viven en la urbanización de CEMPRO y que recolectan agua de los tanques de distribución, esto debido a que esta urbanización tiene acceso a agua desde los pozos privados que tiene dicha empresa.

- **Uso del agua en la comunidad de Peñas Blancas de Colorado**

En función de esto, el análisis es respecto a las dos fuentes de agua disponibles: el agua que trae el AyA mediante los camiones cisterna y que está a disposición de los habitantes en los tanques de distribución, y el agua obtenida mediante el pozo bajo la administración de la ASADA de Peñas Blancas.

- Primeramente, se exponen los resultados obtenidos de la percepción social del uso del agua según el sitio en Peñas Blancas (6.11). De acuerdo con estos datos, se observa que, en su mayoría, el uso principal del agua suministrada por el AyA es para consumo humano, contrario al agua abastecida por la ASADA de Peñas Blancas que se utiliza mayormente en otras actividades. **Accesibilidad hacia los tanques de suministro de agua potable**

De acuerdo con lo obtenido y lo observado en la Figura 6.12, la mayor parte de las personas consideran que el acceso a los tanques de suministro se les dificulta. Lo anterior no necesariamente está ligado a la distancia que deben recorrer, sino que pueden ser por temas personales de la persona encargada de esta tarea, como por ejemplo la salud.

Algo a destacar entre los comentarios recibidos por los habitantes es que las personas dicen “estar acostumbradas” a tener que caminar para ir a obtener el agua potable, por lo que hubo un gran porcentaje de personas que se encontraban indiferentes a esta condición. Sin embargo, la normalización de condiciones como las que se encuentran en los habitantes de Peñas Blancas es una actitud o cultura que se debe trabajar, ya que no son las condiciones óptimas para una comunidad.

- **Participación por parte de la comunidad para buscar posibles soluciones alternativas ante la crisis de agua potable**

El 38% de la comunidad encuestada se encuentra con disposición de colaborar en la búsqueda de fuentes alternativas, pero la mayor parte de las personas se encuentran indecisas. Las razones principales radicaban en que sienten que no tienen la capacidad económica ni el apoyo institucional para abordar este tema.

Cabe destacar que hubo dos casos de familias que tienen pozos artesanales que usan exclusivamente para ellos, los cuales no están inscritos en SENARA y, de acuerdo con lo mencionado por el presidente de la ASADA, estos pozos no se encuentran salinizados.

- **Enfoque de género**

Anteriormente se había abordado la percepción de la accesibilidad de los tanques de suministro de agua potable, y un componente fundamental es que la mayor parte de las personas que se encargan de recoger agua de los tanques son mujeres. Incluso, como se había mencionado anteriormente, la cocinera de la escuela es la persona encargada de ir a las tanquetas comunitarias cuando se quedan sin agua.

A criterio profesional, es importante considerar en quién recae la responsabilidad de obtener agua potable en las comunidades que presenten características similares a las de Peñas Blancas de Colorado. Las razones obtenidas de este comportamiento comunal se fundamentan en que los hombres por lo general no están a lo largo del día, ya que deben ir lejos a trabajar (ya sea a CEMPRO o al mar a pescar) y los menores de edad deben ir a la escuela o al colegio. De tal manera que las únicas personas que quedan en la casa son las mujeres.

6.4. Discusión de los resultados en función de los objetivos del proyecto

Al concluir con este proyecto, se determina que se alcanzaron las metas propuestas. El resumen de los resultados en función de los objetivos del proyecto se describe a continuación:

- Objetivo 1: A través de las visitas de campo se lograron identificar las necesidades que tiene la ASADA en el área de gestión administrativa y operativa. De igual manera, se identificaron posibles peligros y riesgos respecto a la distribución de agua potable, cumpliendo con la totalidad de la meta planteada.
- Objetivo 2: Se produjo la documentación técnica del sistema de distribución de agua potable para la ASADA, tales como planos, diagramas y planes de mantenimiento, de tal manera que esta meta ha sido alcanzada.
- Objetivo 3: Con las inspecciones de campo y el trabajo en conjunto con la ASADA y el Ministerio de Salud se lograron diagnosticar las condiciones y alcances de la ASADA y proponer posibles medidas de control para solventar problemáticas del sistema de distribución, cumpliendo con la meta definida.

- Objetivo 4: El plan operacional fue generado a partir de toda la información obtenida en el proyecto, por lo que se da por concluido el objetivo final del proyecto.

6.5. Discusión de los resultados en función del diseño metodológico del proyecto

En función del diseño metodológico del proyecto, se considera que la propuesta de metodología de la Organización Mundial de la Salud para los Planes de Seguridad del Agua son pragmáticas, debido a la facilidad de adaptar el procedimiento a las necesidades de la comunidad y las particularidades que presenten a nivel administrativo, estructural respecto al sistema de distribución de agua e incluso a nivel hidrológico. Sin embargo, se identifican oportunidades de mejora:

- Debe existir un instrumento legal que indique que las instituciones relacionadas a las ASADAs y el recurso hídrico deben cumplir con un cronograma de acompañamiento. Asimismo, los stakeholders o actores claves también deberían regirse bajo este instrumento. Esto con el objetivo de garantizar que las medidas correctivas propuestas se cumplan.
- Los Planes de Seguridad del Agua deberían contemplar la responsabilidad de realizar visitas de campo durante al menos un año para ver los avances de la ASADA respecto a lo planteado en el PSA.
- En la metodología de matriz de riesgos se propone contemplar el estudio de zonas de riesgos a través de sistemas de información geográfica para identificar a nivel geoespacial las zonas con riesgo a sufrir por fenómenos naturales.

Finalmente, se propone hacer un análisis de oferta-demanda para el año 2030, con el fin de determinar el crecimiento de la población en contraste a la disponibilidad del recurso en Peñas Blancas de Colorado, Abangares.

Capítulo VII Conclusiones y Recomendaciones

El presente capítulo expone las conclusiones y recomendaciones generadas a partir del proyecto realizado.

Conclusiones

El Plan de Seguridad del Agua es una metodología flexible que permite al profesional añadir o modificar las acciones pertinentes que se adapten a las necesidades particulares del acueducto de la comunidad que se esté interviniendo. Además, permite tener los conocimientos de los antecedentes de las siguientes áreas de interés, tales como: sector socioeconómico, ambiental, estructural, condicionantes sociales y de salud, con el propósito de realizar análisis integrales del acueducto.

La ASADA de Peñas Blancas de Colorado presenta una problemática de alto riesgo para la salud del usuario, debido a que su única fuente de abastecimiento se encuentra salinizada siendo así un factor que limita las actividades cotidianas de las personas habitantes de la comunidad, por lo que esto reduce la posibilidad de realizar actividades diarias y, a su vez, afecta directamente la calidad de vida de la comunidad. En consecuencia, implica un retroceso para el cumplimiento de las metas propuestas por el objetivo 6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Actualmente los usuarios se encuentran limitados a la obtención de agua potable debido a la distancia que tienen que recorrer hacia los tanques de suministro. Sin embargo, las personas de la comunidad no son restringidas por la cantidad de agua suministrada por el AyA, ya que siempre hay agua disponible en los tanques.

Por otra parte, el sistema de distribución de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado se encuentra en un estado de deterioro, debido a que se está muy cercano a cumplir su vida útil, lo que implica un riesgo para el suministro de agua, debido a que actualmente no existen tuberías en el mercado que cumplan con los diámetros nominales de ciertos

sectores del sistema de distribución, ya que estos poseen dimensiones no estandarizadas.

Otra situación es la del departamento administrativo de la ASADA, que no le permite gestionar la contratación a tiempo completo de un fontanero, debido a que se encuentran inmersos en procesos legales con el empleado anterior que ejercía estas funciones. Consecuentemente, esto refleja además la falta de gestión en la construcción de un organigrama institucional en el acueducto, sin embargo, el presidente de la ASADA muestra una actitud de compromiso frente a las adversidades presentes en el acueducto.

La falta de micromedidores no permite generar proyecciones del uso del agua, esto limita la posibilidad de realizar estudios como balances hídricos que permitan una mejor gestión integral del recurso hídrico. Esta situación es generada por la salinización de la fuente de agua que daña los mecanismos de funcionamiento de los micromedidores, además, también imposibilita la instalación de hidrantes en la comunidad.

Actualmente existe una necesidad inmediata por la búsqueda de una fuente alternativa de agua potable que abastezca la comunidad, debido a la salinización del pozo. Al hallar esta opción es posible dar solución a gran parte de las limitaciones causadas por la salinización.

Se determinó en conjunto con los actores claves que el tiempo propuesto para llevar a cabo las medidas correctivas planteadas en el Plan Operacional se adecuan a las condiciones administrativas que presenta la ASADA y los responsables de su aplicación, lo cual indica que el plan presenta viabilidad preliminar para su ejecución.

Recomendaciones

Se recomienda cumplir con las medidas correctivas propuestas en el plan operacional del PSA, principalmente con el cambio total de las tuberías, ya que presentan un riesgo para el abastecimiento total de la comunidad.

En relación con las disputas legales, se recomienda a la ASADA buscar asesoramiento legal, ya que esto limita la capacidad de llevar a cabo futuros proyectos de mejora en el acueducto.

Tomando en cuenta la situación actual de la ASADA, se recomienda generar alianzas con instituciones públicas (AyA, INDER, IMAS), como universidades, entes privados y ONGs para valorar la posibilidad de concursar y emplear proyectos de fuentes alternativas de agua potable, como la implementación de un sistema de captación de agua de lluvia (SCALL). Además, la inclusión de alianzas con instituciones públicas y otros entes permite la posibilidad de iniciar la búsqueda de otras fuentes fuera del área de influencia de la afectación hidrogeológica debido a la salinización.

A pesar de que el manual de la OMS para la generación de un PSA contempla en su matriz de riesgos diversos factores que se pueden adecuar a la situación del acueducto, se puede complementar el estudio utilizando otras matrices de riesgo, tales como la propuesta por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), esto con el fin de generar distintos enfoques de análisis.

La propuesta de PSA generada no incluye análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la ASADA ni del agua suministrada a través de los tanques. Por tanto, se recomienda analizar no solamente el agua suministrada por la ASADA utilizada para las actividades cotidianas, sino también el agua para consumo humano.

Por su parte, se recomienda evaluar la infraestructura civil de comunidades donde se realicen futuros PSA para que la seguridad del agua de una comunidad no esté limitado al sistema de distribución, sino también la infraestructura vial, ya que en este caso en particular la comunidad depende totalmente del camión cisterna que envía el AyA. De esta manera, la seguridad del agua es un concepto que contempla un enfoque holístico de los componentes socioambientales e infraestructura civil.

Es importante socializar los resultados de los estudios de PSA para poner en alerta las entidades relacionadas con la situación de cada comunidad, generar una mayor implicación por parte de la administración superior institucional en la toma de decisiones, y plantear una ruta con propuestas de solución.

Finalmente, se recomienda a la ASADA llevar un control de las actividades mediante el uso de bitácoras, minutas y otros instrumentos de registro, con el fin de tener un respaldo administrativo, seguimiento de avances y resultados preliminares de

proyectos del acueducto. Además, esta documentación permite que cualquier funcionario de la ASADA tenga acceso a la información técnica del sistema de distribución de agua potable.

Capítulo VIII Bibliografía

Aguilar, L. (2006). *Gobernanza y gestión pública*. Fondo de Cultura Económica.

Araya, A., & Calvo, G. (2017). Diagnóstico sobre la vulnerabilidad ecológica y calidad del agua en la quebrada La Central, Pacayas de Alvarado, Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, 30–3, 47–58. <https://doi.org/10.18845>

Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos. (2015). *ARESEP fiscaliza labor de ASADAS - ARESEP*. <https://aresep.go.cr/participacion/noticias/1589-aresep-fiscaliza-labor-de-asadas>

Bartram, J., Corrales, L., Davison, A., Deere, D., Drury, D., Gordon, B., Howard, G., Rinehold, A., & Stevens M. (2009). *Manual para el desarrollo de Planes de Seguridad del Agua: Metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo*. Organización Mundial de la Salud.

Bomberos Costa Rica. (2020). *Manual de Diseño de Hidrantes y Tanques de Reserva*.

Cardona, A., Del Conde, J. P., & Carrillo-Rivera, J. (2000). Salinización del agua subterránea en un acuífero costero de la zona árida del noroeste de México: Fuentes, Mecanismos y Reacciones Químicas. *Aguas Subterráneas*.

Claudio, O. (2018). *Desalinización de Agua para aplicaciones de potabilización mediante el desarrollo de tecnología solar sustentable*. Centro de Investigaciones en óptica, A.C.

Comisión Nacional del Agua. (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Plantas Potabilizadoras de Tecnología Simplificada*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

- Cotler, H., Galindo, A., González, I., Pineda, R., & Ríos, E. (2013). *Cuencas Hidrográficas: Fundamentos y Perspectivas para su manejo y gestión*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Cuadrado, G. (2021). Las ASADAS: Un análisis jurídico-práctico de su naturaleza y sus responsabilidades. *Revista IUS Doctrina*, 14(1).
- Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente. (1991). *Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para reducir los daños*. OEA.
- Díaz, G. (2012). El Cambio Climático. *Ciencia y Sociedad*, XXXVII, 227–240.
- Hurtado, A., & Moroney, A. (2021). *Estudio de Sostenibilidad Técnica del servicio de agua potable del acueducto comunal de La Garita, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica*. Universidad Nacional de Costa Rica.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2010). *Reseña Histórica del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados*.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2013). *Información Administrativa*.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2016). *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Sistema Pluvial*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Laboratorio Nacional de Aguas.
- Instituto de Desarrollo Rural. (2015). *Informe de Caracterización Básica: Territorio Abangares-Cañas-Bagaces-Tilarán*.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos de Costa Rica. (2011). *Censo 2011*.
- IPCC. (2007). *Cambio Climático 2007: Informe de Síntesis*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- Jiménez, J. (2013). *Manual para el Diseño de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario*. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana.

- Lafragua, J. (2008). *Elaboración de Balances Hídricos por Cuencas Hidrográficas y Propuesta de Modernización de las Redes de Medición de Costa Rica*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Las Naciones Unidas. (2015). *¿Qué es el cambio climático?* United Nations; United Nations. <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- Las Naciones Unidas. (2020). Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. *Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>
- Lugo, J., & Lugo, E. (2018). Beneficios socio-ambientales por potabilización del agua en los pueblos Palafíticos de la Ciénaga Grande de Santa Marta-Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21, 259–264.
- Madrigal-Solís, H., Echeverría-Sáenz, S., Pizarro-Méndez, Y., Alfaro-Chinchilla, C., Jiménez-Cavallini, S., Centeno-Morales, J., López-Alfaro, N., & Suárez-Serrana, A. (2020). ¿Qué pensamos del agua? Percepción de la población sobre la situación actual del recurso hídrico en Costa Rica: Un indicador sobre el conocimiento y la gestión del agua. *UNICIENCIA*, 34, 170–188.
- Mora, D., & Portuguese, C. F. (2020). *Agua para uso y consumo humano y saneamiento en Costa Rica al 2019: Brechas y Desafíos al 2023*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Laboratorio Nacional de Aguas.
- Orozco-Gutiérrez, J. (2019). *Clasificación de potenciales fuentes de abastecimiento subterráneas y subsuperficiales en Costa Rica*. 32, 138–146. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i10.4887>
- Ovares, L. (1991). Una comunidad rural y el desarrollo de la pesca: En el caso de Colorado de Abangares. *Revista Geográfica de América Central*, 1, 237–251.
- Pereira, Z. (2011). *Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta*. Revista Electrónica Educare.

- Real Academia Española. (2021). *Acueducto* | *Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/acueducto>
- Salazar, K. (2017). *Diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua de consumo de Ciudad de los Niños y elaboración de una propuesta de diseño*. Escuela de Química, Tecnológico de Costa Rica.
- Santos, D. (2015). *Propuesta de diseño de la captación, línea de aducción, desarenador y línea de conducción del río Mogoticos, para la red alterna del sistema de acueducto de la cabecera municipal de San Gil, Santander*. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad La Gran Colombia.
- Sapag, N., Sapag, R., & Sapag, J. (2014). *Preparación y Evaluación de Proyectos* (Sexta edición). McGrawHill.
- Secretaria Técnica del Consejo Agropecuario Nacional. (2018). *Programa Integral de Abastecimiento de Agua para Guanacaste—Pacífico Norte (PIAAG)*.
- Soares, D., Murillo, D., Romero, R., & Millán, G. (2013). Amenazas y Vulnerabilidades: Las dos caras de los desastres en Celestún, Yucatán. *Desacatos*, 44, 159–177.
- Solano, J., & Villalobos, R. (2000). *Regiones y Subregiones Climáticas de Costa Rica*. Instituto Meteorológico Nacional.
- Torres, N. (2013). *Diagnóstico del estado actual de los acueductos Peñas Blancas, San Joaquín, Pueblo Nuevo y San Buenaventura en la parte baja de la cuenca del río Abangares*. Universidad de Costa Rica.
- Valverde, R. (2013). Disponibilidad, distribución, calidad y perspectivas del agua en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 45(1), 5–12. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.45-1/1>
- Vargas-Barrantes, E., & Marín-Alfaro, A. (2016). Costa Rica demanda una gestión integral del recurso hídrico: Escenario Latinoamericano y la realidad país. *Intersedes*, 17. <https://doi.org/10.15517/isucr.v17i35.25565>

Villamagua, G. (2012). *Módulo 3: Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH)*. Unión Internacional para la Conservación - UICN.

Anexos



Anexo 1. Tanqueta de distribución en la comunidad de Peñas Blancas, en las cercanías de la planta de CEMEX.

Fuente: Elaboración propia, 2022.



Anexo 2. Entrada a la planta de CEMEX.

Fuente: Elaboración propia, 2022.



Anexo 3. La fuente de abastecimiento de la comunidad de Peñas Blancas, Colorado, el cual es la fuente de abastecimiento de agua.

Fuente: Elaboración propia, 2022.



Anexo 4. Muelle Conchal de la comunidad de Colorado.

Fuente: Elaboración propia, 2022.



Anexo 5. El golfo de Colorado.

Fuente: Elaboración propia, 2022.



Anexo 6. Pescadores artesanales de la comunidad de Colorado.

Fuente: Elaboración propia, 2022.



Anexo 7. Tanqueta de agua potable para un sector de la comunidad de Peñas Blancas de Colorado.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Esta encuesta está dirigida para los habitantes de la comunidad Peñas Blancas de Colorado en Abangares, con el fin de realizar un diagnóstico sobre la percepción hacia la calidad del agua que se provee del acueducto, la participación por parte de las instituciones relacionadas al manejo del recurso hídrico y sobre el uso del agua. La completación de la encuesta tardará menos de 10 minutos, la información recolectada es con fines académicos. Por lo tanto, se le agradece de antemano su participación.

1. Del 1 al 10, donde 1 es muy mal y 10 muy bueno, ¿Cómo calificas el agua que provee la ASADA?
2. Del 1 al 10, donde 1 es muy mal y 10 muy bueno, ¿Cómo calificas el agua que provee el AyA en las tanquetas comunitarias?
3. Del 1 al 10, donde 1 es muy frecuente y 10 es nunca, ¿Con qué frecuencia sufren cortes de servicio?
4. Del 1 al 10, donde 1 es insatisfactorio y 10 satisfactorio, ¿Cómo calificas la participación por parte de las siguientes instituciones en términos del agua?
 - a. AyA
 - b. Municipalidad
 - c. Ministerio de Salud
 - d. CNE
 - e. CEMEX/CEMPRO
5. ¿Qué uso le dan al agua abastecida por la ASADA?
6. ¿Qué uso le dan al agua abastecida por el AyA en las tanquetas comunitarias?
7. ¿Qué afectaciones ambientales sufren en la comunidad?
8. ¿Utilizan alguna fuente de suministro ajena a lo abastecido por el AyA y la ASADA?
9. ¿Estarían dispuestos a colaborar con la ASADA para encontrar fuentes de abastecimiento alternativos de agua potable?
10. Por lo general, ¿Quién es la persona encargada en el hogar de ir a recoger agua en las tanquetas?
11. Del 1 al 10, donde 1 es poco y 10 es demasiado, ¿Qué tan difícil se hace ir a recoger agua a las tanquetas?

Anexo 8. Instrumento de consulta utilizado para la encuesta de percepción social en la comunidad de Peñas Blancas.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

GUÍA DE INSPECCION PARA CALIDAD DEL AGUA POTABLE-SERSA
(Fundamento Legal: Anexo 5 Reglamento para la calidad del Agua Potable, Decreto N 38924-S)

Número de expediente: _____ Consecutivo de Inspección: _____

N°	Ítem
1	Fecha de inspección: _____ Hora : _____
2	Motivo de inspección: Vigilancia () Seguimiento () Denuncia () Brote epidémico () Otro ():
3	Verificación del número de registro
4	Fecha de registro en Dirección de Área Rectora de Salud
5	Nombre del sistema de abastecimiento
6	Funcionario del ente operador del acueducto: _____ Cédula de identidad: _____ Teléfono: _____
7	Responsable legal del acueducto: _____ Cédula jurídica: _____ Teléfono de contacto: _____
8	Región: _____ Dirección de Área Rectora de Salud: _____ Provincia: _____ Cantón: _____ Distrito: _____ Localidad: _____ Coordenadas geográficas: Longitud: _____ Latitud: _____
9	Ente administrador: A y A () Municipal () ASADA () Privado () Otros: _____
10	Programa de Control de Calidad del Agua es conforme al Reglamento Calidad del Agua Potable: Sí () No ()
11	Número de abonados: _____
12	Población total abastecida por el sistema: _____ habitantes.
13	Nombre de comunidades abastecidas por el sistema: _____

1 4	Número de fuentes de abastecimiento:
1 5	N° nacientes: _____ 1.- Nombre: _____ Longitud: _____ Latitud: _____ 2.- Nombre: _____ Longitud: _____ Latitud: _____ 3.- Nombre: _____ Longitud: _____ Latitud: _____ 4.- Nombre: _____ Longitud: _____ Latitud: _____
1 6	N° captaciones superficiales: 1.- Nombre: _____ Longitud: _____ Latitud: _____ 2.- Nombre: _____ Longitud: _____ Latitud: _____ 3.- Nombre: _____ Longitud: _____ Latitud: _____ 4.- Nombre: _____ Longitud: _____ Latitud: _____
1 7	N° pozos _____ 1.- Nombre: _____ Longitud: _____ Latitud: _____ 2.- Nombre: _____ Longitud: _____ Latitud: _____ 3.- Nombre: _____ Longitud: _____ Latitud: _____ 4.- Nombre: _____ Longitud: _____ Latitud: _____
1 8	N° Tanques de almacenamiento y distribución: _____ 1.- Nombre: _____ Longitud: _____ Latitud: _____ 2.- Nombre: _____ Longitud: _____ Latitud: _____ 3.- Nombre: _____ Longitud: _____ Latitud: _____

ACCION A SEGUIR:			
Cierre de Caso	☐	Reprogramación	☐
Orden Sanitaria	☐	Clausura	☐
Otros: _____			

FICHA DE CAMPO 1

TOMA DE AGUA SUPERFICIAL (Río, Quebrada, otro)

I-) INFORMACION GENERAL

Fecha: _____ Hora: _____ Nombre _____ acueducto: _____

Nombre de la captación: _____ Número de registro en MINAE: _____

Funcionario del acueducto: _____

Teléfono: _____

Nombre del funcionario del Ministerio de Salud.: _____

Frecuencia de limpieza: Diario () Semanal () Mensual () Nunca ()
Otro () Especificar: _____

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO EN LA TOMA DE AGUAS SUPERFICIALES	SÍ	NO
1. ¿Está la captación fuera de un área protegida o zona de conservación?		
2. ¿Está la toma de agua desprovista de infraestructura que la proteja?		
3. ¿Está el área alrededor de la toma sin cerca, o malla de protección?		
4. ¿Existe actividad agrícola, ganadera, industrial o desarrollo habitacional, que descarguen sus residuos aguas arriba de la captación de agua?		
5. ¿Existe alguna otra fuente de contaminación alrededor de la toma (tanques sépticos, animales, viviendas, basura o actividad industrial)?		
6. ¿Tienen las personas y animales acceso a la captación del río?		
7. ¿Están las rejillas de la toma en malas condiciones (ausentes, quebradas y otros)?		
8. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas y otros) obstruyendo las rejillas de la toma?		
9. ¿Existen condiciones de deforestación y erosión en los alrededores de la toma?		
10. ¿Está ausente el desarenador después de la toma de agua?		
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "Sí")		

FICHA DE CAMPO 2

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO EN LA NACIENTE O MANANTIAL	SÍ	NO
1. ¿Está la naciente sin malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación?		
2. ¿Está la naciente desprotegida abierta a la contaminación ambiental? (sin caseta o sin tanque de captación)		
3. ¿Está la tapa de la captación construida en condiciones no sanitarias y con cierre seguro (candado, tornillo u otro)?		
4. ¿Están las paredes y la losa superior de la captación con grietas?		
5. ¿Carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía?		
6. ¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		
7. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro de la captación de la naciente?		
8. ¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de captación?		
9. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si en el entorno inmediato existen letrinas, animales, viviendas, basura).		
10. ¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial?		
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "Sí")		

CAPTACIÓN DE NACIENTES O MANANTIALES

I-) INFORMACION GENERAL

Fecha: _____ Hora: _____ Nombre acueducto: _____

Nombre de la Naciente o Manantial: _____ Número de registro en MINAE: _____

Funcionario del acueducto: _____

Teléfono: _____

Nombre del funcionario del Ministerio de Salud.: _____

Captación: Caseta () A nivel () Enterrada () Semi-enterrada ()

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA

FICHA DE CAMPO 3

POZO

I-) INFORMACION GENERAL

Fecha: _____ Hora: _____ Nombre acueducto: _____

Nombre del Pozo: _____ Número de registro en MINAE: _____

Funcionario del acueducto: _____

Teléfono: _____

Nombre del funcionario del Ministerio de Salud.: _____

Tipo Pozo: Excavado () Perforado () Profundidad: _____mts.

Tipo de Extracción: Manual () Bomba Manual () Bomba Eléctrica ()

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DEL POZO	SÍ	NO
1. ¿Carece el pozo de un canal de desagüe?		
2. ¿Carece el pozo de una malla de protección?		
3. ¿Carece el pozo de un piso de concreto que lo rodee?		
4. ¿Existen letrinas o tanque séptico a menos de 30 m. de distancia del pozo?		
5. ¿Está la letrina o tanque séptico más cercanos en un nivel más alto que el pozo?		
6. ¿Existen otras fuentes de contaminación alrededor o arriba del pozo (excretas de animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)?		
7. ¿Hay estancamientos de aguas sobre la losa o en los alrededores del pozo?		
8. ¿Está el pozo excavado expuesto a la contaminación ambiental?		
9. ¿Están los alrededores del pozo enmontados?		
10. Si existe bomba, ¿está floja en la unión a su base?		
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "Sí")		

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO DE LA FUENTE (POZO, NACIENTE, AGUA SUPERFICIAL).

Cada factor de riesgo implica acciones que deben tomarse para eliminar cada uno de los que se presente. En el caso de las fuentes de abastecimiento las acciones deben coordinarse con el Nivel Regional y Nivel Central además del AyA, en caso necesario.

Por cada respuesta "SI" en cualquiera de las fichas,			
--	--	--	--

determine la clasificación del riesgo y proceda con las acciones según se indique. Número de respuestas "SI"	Clasificación de riesgo	Código de colores	Acciones para disminuir los factores de riesgo
0	Nulo	AZUL	---
1-2	Bajo	CELESTE	Solicitar plan de acción correctiva por medio de orden sanitaria al operador para corregir situación en un plazo de 1 mes.
3-4	Intermedio	VERDE	Solicitar plan de acción correctiva por medio de orden sanitaria al operador para corregir situación en un plazo de 1 mes.
5-7	Alto	AMARILLO	Elaborar plan de emergencia y sensibilizar a la comunidad sobre los riesgos. Girar orden sanitaria con un Plazo de 1 mes para obtener evidencia de mejoras.
8-10	Muy alto	ROJO	Girar orden sanitaria y convocatoria urgente a los actores sociales claves para ejecutar en el menor plazo, las acciones correctivas necesarias. Plazo de 1 mes para verificar cumplimiento de la orden sanitaria.

FICHA DE CAMPO 4

TANQUES DE ALMACENAMIENTO

I-) INFORMACION GENERAL

Dirección Regional de Rectoría de la Salud:

Fecha: _____ Hora: _____ Nombre acueducto:

Nombre del Tanque: _____

Dirección:

—

Funcionario del acueducto: _____

Teléfono: _____

Nombre del funcionario del Ministerio de Salud.: _____

Tipo Tanques: Elevado () A nivel () Enterrado () Semi-enterrado ()

Material del Tanque: Concreto () Plástico () Metálico ()

Frecuencia de Limpieza: Anual () Semestral () Trimestral () Mensual () No se sabe ()

Nunca () Otra () _____

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	SÍ	NO
1. ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)?		
2. ¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias?		
3. ¿Carece la estructura externa de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)		
4. ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?		
5. ¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque y las escaleras internas herrumbradas?		
6. ¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?		
7. ¿Está ausente o defectuosa la malla de protección?		
8. ¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?		
9. ¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		

10. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)		
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "Sí")		

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

Cada factor de riesgo implica acciones que deben tomarse para eliminar cada uno de los que se presente. En el caso del tanque de almacenamiento, las acciones deben coordinarse con el Nivel Regional y Nivel Central además del AyA, en caso necesario.

Los SI son factores de riesgo. Número de respuestas "SI"	Clasificación de riesgo	Código de colores	Acciones para disminuir los factores de riesgo
0	Nulo	AZUL	---
1-2	Bajo	CELESTE	Notificar al representante legal del ente operador del acueducto, para que realice las mejoras correspondientes, en un plazo de 1 mes.
3-4	Intermedio	VERDE	Cada factor de riesgo implica acciones que deben tomarse para eliminar cada uno de los que se presente. En el caso del tanque de almacenamiento, las acciones deben coordinarse con el Nivel Central y Regional, además del AyA, en caso necesario.
5-7	Alto	AMARILLO	Cada factor de riesgo implica acciones que deben tomarse para eliminar cada uno de los que se presente. En el caso del tanque de almacenamiento, las acciones deben coordinarse con el Nivel Central y Regional, además del AyA, en caso necesario.
8-10	Muy alto	ROJO	Girar orden sanitaria y convocatoria urgente a los actores sociales claves para ejecutar en el menor plazo, las acciones correctivas necesarias. Plazo de 1 mes para verificar cumplimiento de la orden.

FICHA DE CAMPO 5

LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

I-) INFORMACION GENERAL

Dirección _____ Área _____ Rectora _____ de _____ Salud: _____

Fecha: _____ Hora: _____ Nombre _____ acueducto: _____

Funcionario _____ del _____ acueducto: _____ Teléfono: _____

Número _____ de _____ reparaciones _____ por _____ fugas _____ durante _____ cada _____ mes: _____

Nombre _____ del _____ funcionario _____ del _____ Ministerio _____ de _____ Salud.: _____

Material de líneas de conducción: PVC() Hierro galvanizado() Otros: _____

Material de la tubería de distribución: PVC() Hierro Galvanizado() Mixto() Otro() _____

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	SÍ	NO
1. ¿Existe alguna fuga en la línea de conducción?		
2. ¿Carecen los tanques quiebra gradientes de tapas sanitarias?		
3. En los tanques quiebra gradientes ¿se observan rajaduras, grietas, fugas o raíces?		
4. ¿Se observan fugas visibles en alguna parte de la red de distribución?		
5. ¿Existen variaciones significativas de presión en la red de distribución?		
6. ¿Carece de cloro residual alguna zona en la red principal de distribución?		
7. Existen interrupciones constantes en el servicio de distribución de agua?		
8. ¿Carecen de sistema para purgar la tubería de distribución?		
9. ¿Carecen de un fontanero o encargado del mantenimiento de la red?		
10. ¿Carecen de un esquema del sistema de distribución (planos o croquis)?		
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "Sí")		

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

Cada factor de riesgo implica acciones que deben tomarse para eliminar cada uno de los que se presente. En el caso de la línea de conducción y red de distribución, las acciones deben coordinarse con el Nivel Regional y Nivel Central además del AyA, en caso necesario.

Los SI son factores de riesgo. Número de respuestas "SI"	Clasificación de riesgo	Código de colores	Acciones para disminuir los factores de riesgo
0	Nulo	AZUL	---
1-2	Bajo	CELESTE	Solicitar plan de acción al operador para corregir situación con urgencia. Plazo 5 días hábiles.
3-4	Intermedio	VERDE	Emitir orden sanitaria al operador para corregir los factores de riesgo detectados en un plazo de 5 días hábiles.
5-7	Alto	AMARILLO	Elaborar plan de emergencia y sensibilizar a la comunidad sobre los riesgos. Girar orden sanitaria con un Plazo de 5 días hábiles para obtener evidencia de mejoras.
8-10	Muy alto	ROJO	Girar orden sanitaria y convocatoria urgente a los actores sociales claves para ejecutar en el menor plazo, las acciones correctivas necesarias. Plazo de 1 mes para verificar cumplimiento de la orden sanitaria.

Anexo 9. Documento guía de inspección para calidad de agua potable-SERSA, Decreto No. 38924-S.

Fuente: Ministerio de Salud, 2022.



Anexo 10. Consulta a abonados de la ASADA de Peñas Blancas de Colorado, Abangares, para los resultados de la percepción social (30 de setiembre, 2022).

Fuente: Elaboración propia, 2022.



Anexo 11. *Aplicación de consulta social a la cocinera de la escuela de Peñas Blancas de Colorado, Abangares (setiembre 30, 2022).*

Fuente: Elaboración propia, 2022.



Anexo 12. Tanque de suministro de agua potable para la escuela de Peñas Blancas de Colorado, Abangares.

Fuente: Elaboración propia, 2022.



Anexo 13. *Camarón muerto en quebrada intermitente de la comunidad de Peñas Blancas de Colorado, Abangares (30 de octubre, 2022).*

Fuente: Elaboración propia, 2022.



Anexo 14. Camarón muerto cerca de la desembocadura del golfo de Colorado (30 de octubre, 2022).

Fuente: Elaboración propia, 2022.



Anexo 15. *Vertido de aguas residuales industriales tratadas a quebrada intermitente cercano a la comunidad de Peñas Blancas de Colorado, Abangares (30 de octubre, 2022).*

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Parámetros físico-químicos				
Parámetro (unidad)	Resultado	Valor recomendado	Valor máximo admisible	
Sólidos totales disueltos (ppm)	513	-	1000	
Temperatura (°C)	29,3	18	30	
Salinidad (psu)	0,55	-	-	
Conductividad (µs/cm)	1025	400	-	
Magnesio como carbonato de calcio (mg/L CaCO ₃)	11	-	-	
Calcio como carbonato de calcio (mg/L CaCO ₃)	32	-	-	
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	43	400	500	
Cloro residual libre (mg/L)	N.A.*	0,3	0,6	
Cobre (mg/L)	2,16	1	2	

*N.A.: No aplica

Parámetros organolépticos				
Parámetro (unidad)	Resultado	Valor recomendado	Valor máximo admisible	
Turbiedad (UNT)	1,01	<1	5	
Color aparente (mg/L)	0,0	5	15	

Parámetros para sustancias inorgánicas con significado a la salud				
Parámetro (unidad)	Resultado	Valor recomendado	Valor máximo admisible	
Nitrato (mg/L)	0,003	25	50	
Nitrito (mg/L)	0,004	-	0,1 o 3,0 ^a	
Amonio (mg/L)	0,02	0,05	0,5	
Fósforo (mg/L)	0,69	-	-	
Hierro (mg/L)	0,68	-	0,3	

^a: Valor máximo admisible de 0,1; si el nitrito se evalúa en forma independiente del nitrato. Valor máximo admisible de 3,0; cuando el nitrito se evalúa en conjunto con el nitrato. En este caso, la suma de la razón de concentración de cada uno respecto a su valor máximo admisible no debe ser superior a 1,0.

Parámetros microbiológicos				
Parámetro (unidad)	Resultado punto inicial de la red	Resultado punto final de la red	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Coliformes totales (NMP/100mL)	<1,8	<1,8	Ausente	Ausente
Coliformes fecales (NMP/100mL)	<1,8	<1,8	Ausente	Ausente

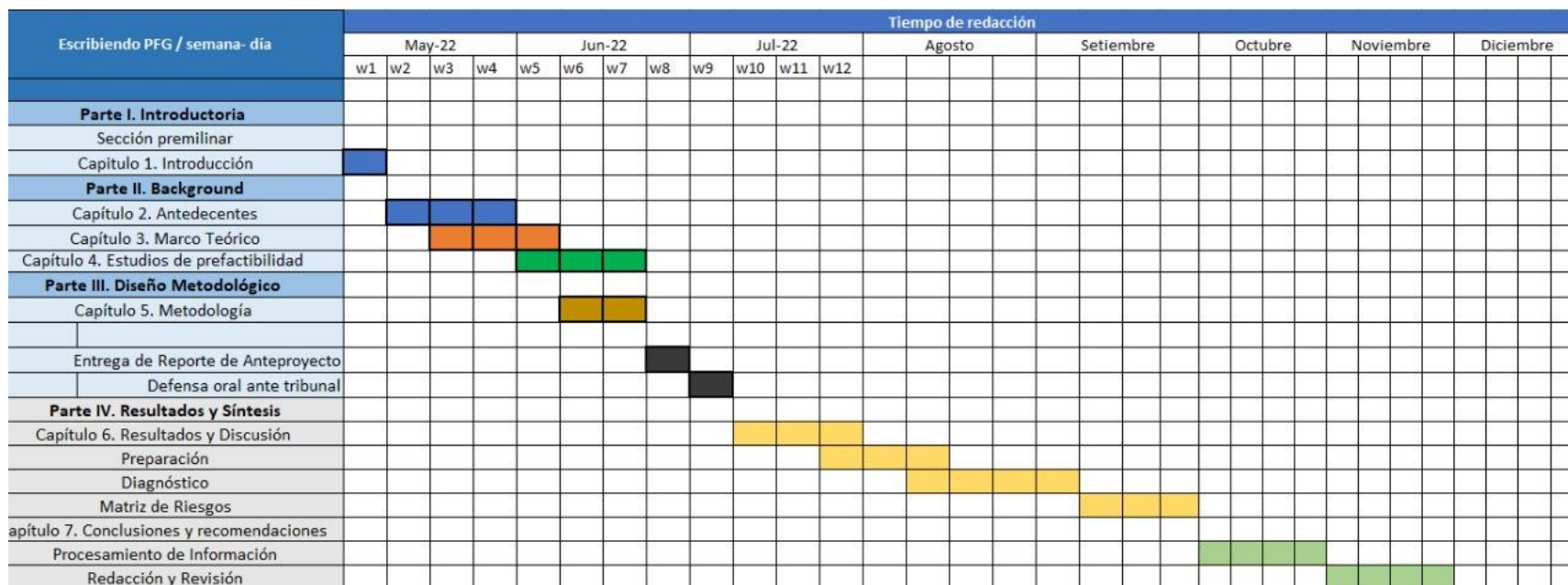
Anexo 16. Parámetros físico-químicos, organolépticos y microbiológicos del agua del acueducto de Peñas Blancas.

Fuente: Torres, 2013.

Tipo de Análisis	Frecuencia	Cantidad de Muestras
Control Operativo	Mensualmente	1 por fuente y 1 por tanque
N1	Semestralmente	3 por fuente y 1 por tanque
N2	Cada 3 años	3 por fuente y 1 por tanque
N3	Cada 3 años	3 por fuente y 1 por tanque

Anexo 17. Frecuencia del muestreo para la calidad del agua en Peñas Blancas de Colorado, Abangares.

Fuente: Elaboración propia, 2023.



Anexo 18. Cronograma Gantt de actividades de la Propuesta de un Plan de Seguridad del agua para la ASADA de Peñas Blancas.

Fuente: Elaboración propia, 2022.