

Universidad Nacional
Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar
Escuela de Ciencias Ambientales

**Propuesta de plan de seguridad del agua para la asociación administradora
del sistema de acueducto y alcantarillado de Suerre, Pococí, Limón**

Proyecto de graduación para optar por el grado de licenciatura en Gestión
Ambiental con énfasis en Tecnologías Limpias

Proyecto de graduación

Presentado
por

José Alberto Araya Campos
María José Marín Barquero

Heredia, Junio 2020

Contenido

Lista de Abreviaturas y Acrónimos	7
Resumen Ejecutivo	8
I Capítulo	9
1. Introducción.....	9
2. Justificación.....	11
3. Problema de investigación.....	13
4. Objetivos	15
4.1. Objetivo general.....	15
4.2. Objetivos específicos	15
5. Marco conceptual.....	16
5.1 Situación actual de Costa Rica	16
5.2. Calidad del agua	17
5.3. Marco legal	24
5.4. Planes de seguridad del agua.....	27
5.5. Tecnologías limpias	30
6. Materiales y métodos	31
6.1. Diseño de investigación	31
6.2. Fuentes de datos	32
6.3. Descripción del sitio de estudio.....	32
6.4. Instrumentos y técnicas para la recopilación de la información	34
6.5. Procedimiento metodológico.....	35
II Capítulo: Resultados.....	43
7. Diagnóstico social y técnico ambiental del sistema de suministro de agua y de la comunidad de Suerre	43
7.1. Condiciones Ambientales.....	43
7.2. Condiciones Sociales.....	51
7.3. Gestión administrativa y técnica del acueducto de Suerre	60
8. Determinación y evaluación de los puntos críticos de control en el sistema de abastecimiento..	68
8.1. Evaluación de las unidades de los sistemas de la ASADA Suerre	70

8.2 Análisis físico-químico y microbiológicos.....	82
8.3. Cálculo de la demanda futura	87
8.4. Evaluación del peligro, caracterización del riesgo y determinación de PCC.....	92
9. Planificación de estrategias, medidas de control y tecnologías limpias para la eliminación o minimización de los peligros.....	103
9.1 Propuesta del PSA.....	104
9.2 Programa de Comunicación.....	115
9.3 Seguimiento y verificación del PSA.....	119
III Capítulo: Conclusiones y recomendaciones.....	127
10.Conclusiones.....	127
11. Recomendaciones.....	129
Bibliografía	130
Anexos	137

Lista de cuadros

Cuadro 1. Niveles de control y parámetros para la calidad del agua potable en Costa Rica.	22
Cuadro 2. Marco legal vinculante con el recurso hídrico en Costa Rica.	24
Cuadro 3. Evaluación de eventos peligrosos que puede afectar al acueducto.	41
Cuadro 4. Matriz estimación del riesgo de los peligros asociados.....	41
Cuadro 5. Estimación del riesgo según gravedad y probabilidad de los eventos peligrosos que pueden afectar al sistema de acueducto.....	42
Cuadro 6. Determinación de medidas de control y métodos de validación.....	42
Cuadro 7. Áreas Silvestres Protegidas de Pococí.	46
Cuadro 8. Categorías de uso de suelo en Pococí.	48
Cuadro 9. Conformación de junta directiva de la ASADA Suerre.	62
Cuadro 10. Mantenimiento de estructuras del sistema de la ASADA Suerre.....	64
Cuadro 11. Pliego tarifario.	67
Cuadro 12. Coordenadas geográficas de las captaciones de la ASADA Suerre.	71
Cuadro 13. Detalles de concesión y consumo de las captaciones.	73
Cuadro 14. Coordenadas geográficas de los tanques de almacenamiento de la ASADA Suerre.....	75
Cuadro 15. Volumen de almacenamiento de los tanques de ASADA Suerre.....	76
Cuadro 16. Incumplimientos de los valores alerta y máximos de cloro residual del sistema 1 de la ASADA Suerre.....	83

Cuadro 17. Análisis de conductividad del sistema 1 la ASADA Suerre.	84
Cuadro 18. Resultados de los análisis de N2 y N3 del sistema 1 de la ASADA Suerre.....	85
Cuadro 19. Porcentaje de cumplimiento anual por tipo de reporte para el sistema 1 de la ASADA Suerre.	87
Cuadro 20. Caudales y producción anual de las nacientes de la ASADA Suerre.....	88
Cuadro 21. Consumo promedio mensual de la ASADA Suerre.....	89
Cuadro 22. Datos de la población del distrito de Jiménez.	90
Cuadro 23. Datos de la proyección poblacional bajo el modelo aritmético, geométrico y exponencial para el distrito de Jiménez.	90
Cuadro 24. Evaluación de riesgos y determinación de PCC de la ASADA Suerre.	94
Cuadro 25. Medidas de control y límites críticos de control (LCC) de los PCC de la ASADA Suerre.	101
Cuadro 26. Programación Legal de la ASADA Suerre.	105
Cuadro 27. Programación Operativa.....	106
Cuadro 28. Programación estructural.....	109
Cuadro 29. Programación administrativa.	113
Cuadro 30. Programa de comunicación.	116
Cuadro 31. Plan de verificación de propuesta de PSA.	121

Lista de figuras

Figura 1. Ubicación de la ASADA de Suerre en microcuenca Jiménez.	34
Figura 2. Distribución de la población servida por la ASADA Suerre según rangos de edad.....	52
Figura 3. Resultados de la evaluación de la escolaridad de los usuarios servidos por la ASADA Suerre.	55
Figura 4. Tipo de disposición final de residuos en el cantón de Pococí.....	57
Figura 5. Resultados de la evaluación del conocimiento del organismo local que suministra el servicio de agua potable.	58
Figura 6. Esquema del sistema 1 de la ASADA Suerre.....	69
Figura 7. Esquema del sistema 2 de la ASADA Suerre.....	69
Figura 8. Cumplimiento del área de protección vinculante en la captación 1 y 2, sistema 1.....	72
Figura 9. Cumplimiento del área de protección vinculante en la captación 1, sistema 2.....	72

Anexos

Anexo 1. Encuesta a la población abastecida por la ASADA de Suerre.....	137
Anexo 2. Entrevista estructurada sobre gestión administrativa de ASADA Suerre.....	139
Anexo 3. Reunión con miembros de COLAGUA.....	141
Anexo 4. Elementos a consultar para la descripción del sistema de abastecimiento.....	142
Anexo 5. Herramienta de evaluación administrativa.....	142
Anexo 6. Modelo matemático para determinar la proyección de la población.	143
Anexo 7. Criterios para evaluación de captaciones, tanques de almacenamiento y líneas de conducción y distribución.....	145
Anexo 8. Cuencas hidrográficas de Pococí.....	150
Anexo 9. Valores promedios anuales de precipitación de Pococí.	150
Anexo 10. Fallas geológicas activas en Pococí.....	151
Anexo 11. Organizaciones locales de Pococí.	152
Anexo 12. Ejemplos de campañas de educación y sensibilización realizados por la ASADA Suerre.	154
Anexo 13. Instalaciones de la ASADA Suerre.....	155
Anexo 14. Resultados de la evaluación administrativa de la ASADA Suerre.....	156
Anexo 15. Fotografías de las captaciones de los sistemas de la ASADA Suerre.	157
Anexo 16. Evaluación de las captaciones de la ASADA Suerre.	159
Anexo 17. Matriz de correspondencia entre las características de los tanques de almacenamiento.	161
Anexo 18. Fotografías de los tanques de almacenamiento de la ASADA Suerre.....	162
Anexo 19. Evaluación de los tanques de almacenamiento de la ASADA Suerre.....	163
Anexo 20. Dimensiones de las tuberías de la red de distribución y conducción	165
Anexo 21. Fugas en la línea de conducción y red de distribución.	167
Anexo 22. Fotografías de los quebra gradientes y conexiones de la ASADA Suerre.	167
Anexo 23. Evaluación de la línea de conducción y distribución de la ASADA Suerre.....	169
Anexo 24. Matriz de periodicidad de análisis aplicable a la ASADA Suerre según el Reglamento para la Calidad del Agua Potable (N°38924-S).....	171
Anexo 25. Conglomerado de los resultados de análisis físico-químicos y microbiológicos de la ASADA Suerre durante el lapso del 2015 al 2017.....	174

Anexo 26. Matriz de cumplimiento temporal de los análisis de la ASADA Suerre durante el lapso del 2015 al 2017..... 178

Anexo 27. Reporte de consumo de agua de la ASADA Suerre del 2017 y primer cuatrimestre del 2018.
..... 180

Lista de Abreviaturas y Acrónimos

ASADA: Asociación Administradora de Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunales.

ASP: Áreas Silvestres Protegidas.

AYA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados de Costa Rica.

COLAGUA: Concejo Local del Agua.

EPA: Environmental Protection Agency.

LCC: Límite Crítico de Control.

LNA: Laboratorio Nacional de Aguas

OMS: Organización Mundial de la Salud.

PSA: Plan de Seguridad de Agua.

SPG: Sistema de Posicionamiento Global.

Resumen Ejecutivo

En Costa Rica el abastecimiento de agua potable es responsabilidad de distintas entidades, las cuales deben de velar por el cumplimiento de la legislación y el crear iniciativas de mejoramiento continuo, un ejemplo de estas, son las asociaciones administradoras del sistema de acueducto y alcantarillado (ASADAS) quienes son responsables de operar y mantener el sistema de agua potable en zonas rurales bajo un esquema de delegación, acordado y regido mediante un convenio con el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA).

Las ASADAS pueden optar voluntariamente (u obligatoriamente para aquellos que formen parte del Programa Sello Calidad Sanitaria) por utilizar la herramienta de la Organización Mundial de la Salud (OMS) llamada Planes de Seguridad del Agua (PSA), con el fin de garantizar sistemáticamente la seguridad de su sistema de abastecimiento de agua de consumo, aplicando un planteamiento integral de evaluación y gestión de riesgos, abarcando las etapas del sistema de abastecimiento, desde la fuente de captación hasta su distribución al consumidor.

La ASADA de Suerre, Limón desde el año 1996 hasta la actualidad incrementó la cantidad de abonados al sistema (de 196 previstas a 1062), por lo que con las condiciones actuales requiere analizar de manera integral su gestión del recurso hídrico y así responder a la dotación del servicio a las comunidades servidas con cantidad y calidad. Además, las fuentes de agua de la ASADA se encuentran en el acuífero Pococí-Guácimo, el cual es vulnerable por la expansión urbana, debido a ello resulta importante su protección para el aseguramiento de la sostenibilidad y el control de calidad del agua dentro de un proceso integral administrativo del recurso.

Se detectó mediante las evaluaciones de las partes del sistema y análisis administrativo de la ASADA, tres puntos críticos de control los cuales representaron el riesgo más alto, como lo fue la dosificación inexacta de cloro, falta de capacidad hídrica para solventar la demanda proyectada y en control de calidad microbiológica y fisicoquímica de servicio brindado por la ASADA.

A raíz de la identificación de los peligros y puntos críticos se elaboró una propuesta de plan de seguridad del agua para la ASADA de Suerre, Pococí, Limón que contribuyera al

mejoramiento del sistema de suministro de agua potable. Para ello, se implementó una metodología de carácter mixto, con el fin de abarcar las etapas del plan indicadas en la guía de la OMS, darle el respectivo seguimiento e incluir la participación de los actores claves, siendo en sí la propuesta de PSA una tecnología limpia.

I Capítulo

1. Introducción

El agua potable y el saneamiento son necesidades fundamentales de la humanidad y recursos claves para la sostenibilidad, según el Programa Conjunto de Monitoreo (PCM) el agua potable se define como aquella utilizada

para los fines domésticos y la higiene personal, así como para beber y cocinar; además, es aquella cuyas características microbianas, químicas y físicas cumplen con las pautas de la OMS o los patrones nacionales sobre la calidad del agua potable. Según la OMS (2016) para el 2016 la dotación requerida por cada miembro de una familia es de 20 litros de agua potable para consumo y otros 22 litros para otros usos (baño, sanitarios, lavados, limpieza).

Aunque la superficie del planeta está compuesta en 71% por agua, por muchos años se le consideró un recurso inagotable, el conocimiento mundial ha migrado y concientizado a la población sobre la disposición de una cantidad finita de agua que puede ser bebible ya que es superior la cantidad disponible de agua contaminada y salada, actualmente se dispone de un porcentaje inferior al 1% de agua potable en el mundo de fácil acceso. (Greenpeace, 2010) (Má Villatoro, 2006). Por esta razón, el agua potable ha sido declarada por la OMS como un derecho básico, y ha resultado en los últimos años el motivo de múltiples debates internacionales, trascendiendo la preocupación mundial en dos factores críticos de estudio: disponibilidad y calidad. Estos factores han requerido implementar estándares mundiales y propios de cada gobierno local, que garanticen la mejoría de la calidad de vida, implicándose la protección y adecuada gestión del agua potable (OMS, 2009).

En el mes de setiembre del 2015, la OMS fortaleció aún más su compromiso con el agua potable al declarar en su agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible el objetivo número 6: Agua Limpia y Saneamiento, destinado a garantizar la disponibilidad, la gestión sostenible del agua

y el saneamiento para todos. Con el acatamiento de este compromiso mundial y con una larga trayectoria, Costa Rica ha sido un país que han obtenido importantes logros en temas de acceso y cobertura de agua potable. (OMS, 2016).

Sin embargo, según el Informe del Estado de la Nación del 2015, en el país se carece de información suficiente para conocer y manejar el recurso, lo cual incide en la capacidad para planificar su uso, una tarea urgente en marco del cambio climático. Además, la lentitud de los avances en gestión del riesgo y saneamiento, así como la necesidad de establecer una cuota fija del gobierno de inversión para la gestión del agua, significan una amenaza, por su impacto sobre los cuerpos de agua y la escasa protección disponible.

No toda el agua potable y distribuida del país está administrada bajo la misma estrategia organizativa, existiendo entidades gubernamentales (AYA), organizaciones de comunidades, asociaciones administradoras, entre otras, a cargo de la administración y su saneamiento. Las asociaciones administradoras del sistema de acueducto y alcantarillado, mejor conocidas como ASADA, se responsabilizan de operar y mantener el sistema de agua potable en zonas urbanas y rurales bajo un esquema de delegación, acordado y regido mediante un convenio con el AyA. (Zeledón, 2016).

La ASADA de Suerre, por ejemplo, brinda el servicio de dotación de agua a la población de Suerre, Calle 6 y Calle 10, Pococí, Limón desde marzo de 1996 y surgió debido según González (2016) a la necesidad existente de abastecimiento del recurso por parte de la población de este sector (150 casas), quienes para consumir agua lo hacían a través de tomas abiertas sin regulación. Desde su año de fundación al presente, esta ASADA ha experimentado un fuerte crecimiento del servicio, pasando de 196 previstas a 1062 (2017), lo cual la lleva a desarrollar estrategias claras para poder seguir brindando con calidad y cantidad el recurso a las comunidades necesitadas.

La ASADA para abastecer de este recurso a la población de interés le es indispensable conocer la microcuenca e identificar los puntos críticos que puedan afectar la calidad y cantidad del agua. (Astorga, 2013); para cumplir con lo anterior, existen diversas herramientas que puede desarrollar e implementar. Ejemplo de ello es el Plan de Seguridad del Agua el cual, según Rojas (2006) proporciona un sistema organizado y estructurado para reducir al mínimo las fallas de la gestión, mediante la aplicación de planes de contingencia que respondan ante fallas predichas en los procesos de tratamiento o en el sistema de distribución, vinculándolo

con los aspectos ambientales, nacientes, zonas de recarga acuífera, áreas de protección, entre otros.

Por ello, el producto final del presente manuscrito fue una propuesta de plan de seguridad del agua para la ASADA de Suerre, Pococí, Limón; el mismo será una herramienta ajustada y adaptada a las capacidades actuales y necesidades identificadas de la ASADA, permitiendo generar planes de mitigación a todas las falencias identificadas, así como garantizar la calidad requerida por la legislación en el proceso de dotación y distribución del agua, también potencializar la protección de la fuente de captación y asegurar el cumplimiento del marco legal nacional vinculante.

2. Justificación

La administración del agua es un tema crítico y multidisciplinario, características que, sin discriminar la ubicación, disponibilidad, desarrollo y recursos, resulta ser un deber para todos los países y administradores contemplar el peligro y efectos ambientales que atentan contra el agua potable, además de la serie de procesos que conllevan su dotación y abastecimiento a comunidades y ciudades.

El escenario de riesgos comunes y frecuentes que atentan contra la cadena de abastecimiento y calidad del agua potable ha incrementado, el nivel de organización requerido para solucionarse ha ocasionado que mundialmente se empodere el tema a entes de interés común, para así poder ofrecer una respuesta adecuada a la situación y dar la visibilidad demandada por el tema. Es así como la OMS, propone la aplicación de los Planes de Seguridad del Agua, en adelante PSA.

Los PSA son considerados la forma más eficaz de garantizar sistemáticamente la seguridad de un sistema de abastecimiento de agua potable, aplicando un planteamiento integral de la evaluación y gestión de los riesgos, al abarcar todas las etapas del sistema de abastecimiento, desde la cuenca de captación hasta su distribución al usuario. (OMS, 2016).

Esta herramienta, además, es un factor de evaluación en el Programa de Sello Calidad de Agua, al cual está inscrito la ASADA de Suerre desde el año 2011 y está establecido en el mismo el desarrollo de un PSA como objetivo específico; se mantiene un interés en desarrollarlo para poder contar entre varias metas galardonarse con una estrella azul dentro de la premiación indicada. Anonado a ello, a través del PSA se evalúa la disponibilidad a corto,

mediano y largo plazo del recurso, permite identificar e interpretar la calidad del agua abastecida.

La aplicación de un PSA ofrece una solución al aseguramiento de la sostenibilidad y el control de cantidad y calidad del agua, dentro de un proceso integral, apoyado por el esfuerzo que realizan los administradores del agua, e impulsando la participación de actores sociales de las comunidades abastecidas y una cultura de participación sinérgica de los usuarios.

Según la OMS (2016), el lograr una gestión del riesgo, en forma eficiente y sostenible por medio de un PSA parte de las siguientes consideraciones:

- Establecer un programa permanente de evaluación del sistema, para determinar si la cadena de abastecimiento del agua de consumo cumple con los requisitos para la protección de la salud y regulados con la jurisprudencia.
- Determinar las medidas que, de forma colectiva, controlan los riesgos del sistema de abastecimiento y capacitación.
- Desarrollar planes que describan las medidas que deben y deberán adoptarse durante el funcionamiento normal y anormal en la dotación de agua.

Además, Vargas (2017) indica que son varios los motivos por el cual, diseñar e implementar un PSA son de suma relevancia para la ASADA de Suerre:

- Toda ASADA debe tener un plan de seguridad para casos de emergencia y de forma pro-activa tener a mano el conocimiento de los posibles sitios de vulnerabilidad con que cuenta el acueducto.
- Informar a la población de las medidas por tomar, además reclutar personas, sitios u otras consideraciones que nos ayuden en caso de necesitarlo.
- Conocer que situaciones de vulnerabilidad se tienen actualmente y hacer alguna mejora antes de algún evento.
- Sectorizar el sistema, garantizando una distribución más eficiente y regulada.

La zona de recarga acuífera y afloramientos provienen del acuífero Guácimo-Pococí y las poblaciones de Suerre, La Floresta, Guácimo, Calle Los Ángeles, Jiménez, La Angelina y Buenos Aires (un sector) aledañas altamente influenciadas por este acuífero; sumado a ello la ASADA Suerre capta el recurso directamente de los manantiales ubicados en este sector. Según FUNDECOR (S.f.) la conservación y protección del Acuífero Guácimo-Pococí es

indispensable para aumentar la viabilidad ecológica de las dos áreas silvestres protegidas de la cuenca baja del río Reventazón.

Borge (2004) indica que la zona protectora ha estado expuesta a amenazas como la deforestación, los proyectos hidroeléctricos, procesos de urbanización, uso de agroquímicos, la deposición de residuos y construcción de caminos. Estas amenazas se tornan peligrosas por: la vulnerabilidad que se produce al no existir un órgano rector y administrador del acuífero, la inaplicabilidad de las leyes ambientales, la falta de una planificación y, sobre todo, por la ausencia de mecanismos de control, seguimiento y protección.

En sí estos acuíferos son de gran importancia y la ASADA de Suerre que es directamente influenciada por ellos, ha identificado el valor ecológico de los mismos y la constante necesidad de protección de los mismos, por ello, se da origen al presente proyecto, donde se propuso el diseño de un PSA a la ASADA, con el que se contribuirá no solo al mejoramiento de la calidad del agua, sino que permitirá asegurar la implementación de herramientas y tecnologías que aseguren el desarrollo sostenible de todas las etapas intrínsecas del proceso de distribución del agua. Estos beneficios serán reflejados debido a la implementación de instrumentos y estrategias basadas en principios de ecoeficiencia, eficacia y efectividad que generan sostenibilidad ambiental a partir de la relación entre el costo de la estrategia propuesta y el beneficio obtenido.

Además, la consolidación y sistematización de información nueva y existente sobre la administración de la ASADA, permitirá alcanzar un análisis reflexivo y analítico en torno a las oportunidades de mejora, la percepción social de la calidad del servicio y su suministro.

Toda la información empleada en la consolidación del PSA fue ser técnica, exacta, y confiable, además de validable para que sirva de insumo en la formulación de lineamientos y directrices para el control de la ASADA, y promover medidas de actuación ante los cambios que se pronostiquen. Finalmente, el ente responsable del desarrollo futuro del proyecto, aseguramiento del cumplimiento del diseño propuesto, así como las sugerencias que se plantearon, será la ASADA de Suerre.

3. Problema de investigación

El deterioro de la calidad y la escasez de agua es un problema grave en Costa Rica. Ballesteros (2013) hace mención que, para resolver las deficiencias existentes en materia de

gestión del agua, se debe entender la importancia que tiene este recurso en el desarrollo del país y su abordaje debe ser planteado como un elemento transversal a los diversos aspectos que contempla y ser visto como una prioridad del estado.

El informe sobre Desarrollo Humano (PNUD, 2006), señala que cerca de 1 100 millones de habitantes de países en desarrollo carecen de acceso adecuado al agua. En Costa Rica el indicador de cobertura de agua potable intradomiciliar alcanza al 98% de la población, siendo una de las más altas de América Latina. Sin embargo, la gestión del agua, pero sobre todo su disponibilidad y acceso, se ha convertido en un tema prioritario y altamente sensible para los usuarios de la población (Ballesteros, 2013).

En el país existen diferentes administradores que cubren el servicio de dotación de agua potable, como son las ASADAS; el mejoramiento de la calidad de las aguas que entregan estas, indica Tábora *et al* (2011) es un importante reto que enfrenta el país, pues la calidad de estos administradores disminuye considerablemente en comparación con la de otros operadores (AyA, Acueductos Municipales, ESPH, entre otros), por ejemplo, los acueductos que tienen problemas de tratamiento y control, pertenecen al grupo de asociaciones o comités locales (2497) y solo el 82,5% del agua que entregan es de calidad potable (PEN, 2015).

Dada esta aseveración y sumada al marco legal en materia de agua potable vigente en Costa Rica, además de la eminente necesidad de distribución y saneamiento de agua en las comunidades rurales del país, resulta claro visualizar que todo ente administrador del agua debe definir una estrategia que le permita valorar la gestión de riesgo a largo plazo. Es así como la OMS y el *International Water Association* (IWA) en la búsqueda de una solución para la gestión de riesgo de los administradores del agua, definen y documentan una estrategia mundial de aplicación indiscriminada y no selectiva, denominada “Planes de Seguridad de Agua”. (OMS, 2009).

Según González (2012) la ASADA de Suerre experimenta un gran crecimiento y demanda de servicio, ya que solo del 2009 al 2010 el consumo hídrico en la población incrementó en un 51,6% y los cálculos del caudal de diseño a 20 años de la F1 indica que el acueducto se encuentra en situación crítica por la deficiente operativización del sistema (González, 2016); demostrando así que a través de los años el crecimiento urbano se expande en esta zona, lo cual implícitamente requiere de la protección al acuífero de donde se toma el recurso. En el año 2012, la población aledaña a Suerre como lo fue Calle 6, Calle Tablón y

Calle 1 solicitaron el servicio de dotación de agua a la ASADA y dio así inicio la expansión de la infraestructura y toma de nuevas fuentes de consumo, proyecto apoyado por el AyA.

Otra necesidad demostrada en esta ASADA según González (2016) es la limitación de infraestructura existente, se menciona que el tanque de almacenamiento a la actualidad no cumple con el volumen requerido reglamentado por AyA, lo cual deja en descubierto la incipiente tarea de brindar un servicio en cantidad y determinar medidas de corrección para años venideros.

La protección que debe estimular la ASADA a los actores sociales importantes de la zona hacia el acuífero Guácimo-Pococí desde su punto de influencia estimula mayores estudios y desarrollos de identificación de herramientas para garantizar por muchos más años la dotación del servicio.

Dicha premisa y la necesidad de un manejo preventivo en relación con la gestión del recurso hídrico da sustento a la necesidad de presentar esta propuesta de Plan de Seguridad para la ASADA del Suerre. La respectiva ASADA es considerada según *González (2012)* con una gestión administrativa fortalecida con buena situación financiera, buena infraestructura para el abastecimiento del recurso, a pesar de ello, se realiza el PSA para organizar y sistematizar las prácticas de gestión del agua, gestionar la calidad de consumo (OMS, 2004), mejorar el sistema de suministro, aplicando tecnologías limpias.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Elaborar una propuesta de plan de seguridad del agua para la ASADA de Suerre, Pococí, Limón que contribuya al mejoramiento del sistema de suministro de agua potable, aplicando tecnologías limpias.

4.2. Objetivos específicos

4.2.1 Elaborar un diagnóstico social, técnico y ambiental del sistema de suministro de agua de la ASADA de Suerre, Pococí.

4.2.2 Evaluar el sistema de suministro de agua según peligros y riesgos asociados para el abastecimiento de agua a la comunidad.

4.2.3. Planificar estrategias, medidas de control y tecnologías limpias para la eliminación o minimización de los peligros identificados, partiendo de una priorización de acciones.

5. Marco conceptual

5.1 Situación actual de Costa Rica

La Tierra, con sus diversas y abundantes formas de vida, se enfrenta actualmente con una grave crisis del agua. Todas las señales parecen indicar que la crisis se está empeorando y que continuará haciéndolo, a no ser que se emprenda una acción correctiva inmediata. (WWAP, 2016).

El mayor problema del siglo XXI es la calidad y gestión del agua, tanto si se trata de temas de salud o de saneamiento, del ambiente o de las ciudades, de alimentos, de industria o de producción de energía. (UNESCO, 2003).

El agua es esencial para la vida, por tanto, la premisa del “desarrollo sostenible” se torna en algo directamente implícito en todas las actividades del hombre en la actualidad. La sociedad está consciente que, sin agua, sus necesidades para beber, producir alimentos, lavar, mantenimiento de la salud y dignidad, no se podrán cumplir. El agua también resulta necesaria para fabricar muchos productos industriales, para generar energía, el transporte humano y de mercancías, necesidades de la sociedad moderna desarrollada en donde se vive. Además, el agua constituye algo fundamental para garantizar la integridad y sostenibilidad de los ecosistemas terrestres y guiar al hombre en la toma de medidas con el fin de poder proteger el recurso.

La Declaración del Milenio de las Naciones Unidas (2000) define y realiza un llamamiento de todos sus miembros, enunciando que detener la explotación no sostenible de los recursos hídricos se debe interpretar y trabajar como un mandato y requisito inmediato, siendo necesario el desarrollo de estrategias de gestión integral del agua a escala regional, nacional y local, que juntas se traducen en un conjunto de medidas mundiales, las cuales promueven tanto el acceso equitativo, como el abastecimiento adecuado y seguro en el corto, largo y mediano plazo. (UNESCO, 2003).

Lograr el impacto mundial que se espera, ha requerido la participación desde hace muchos años de las diversas entidades internacionales y nacionales, para así lograr llevar el mensaje de la importancia del agua. La Cumbre del Milenio (2000) en sus Objetivos del Milenio,

establece en su Meta 10 del Objetivo 7c: “Reducir a la mitad, para el año 2015, el porcentaje de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento”. Además, en la pasada Cumbre de la Tierra Río+20, realizada en junio de 2012, se reafirmó por parte de los jefes de estado, gobiernos y la plena participación de la sociedad civil el compromiso en pro del desarrollo sostenible para las generaciones presentes y futuras. (Arce, 2015).

Según el AYA (2004) Costa Rica dispone de más de 110000 millones de m³ de agua distribuidos en una densa red hídrica constituida por dos vertientes: Caribe y Pacífico. Dicha red se compone de 34 cuencas hidrográficas y los niveles de precipitación anual fluctúan entre los 1300mm y 7500mm. El país es rico en agua, con una disponibilidad superior a los 31300 m³/persona por año y con la tasa de extracción per cápita más elevada de Centroamérica.

El consumo de agua en los costarricenses resulta medido por el precio de la factura de consumo del recurso y su decrecimiento es directamente proporcional a la intención de disminuir costos, pues año tras año el precio del agua aumenta más rápido que la inflación y las materias primas. La situación del precio de Costa Rica se asemeja al estado mundial, en el cual se afirma que el exagerado crecimiento de su demanda llevará a superar el precio del petróleo. La depuración del agua, como vía para ayudar a satisfacer la necesidad de ella, acrece su costo en varias centenas de veces. (Valverde, 2013).

Es una realidad que se ha afectado la viabilidad del consumo de agua en el presente y se ha comprometido su disponibilidad en cantidad y calidad en el futuro. A esta situación no subsanada, el panorama del cambio climático le incorpora aún más factores de vulnerabilidad, principalmente por los pronósticos de menores precipitaciones con repercusiones en los caudales hídricos. (Ambientales, 2013).

5.2. Calidad del agua

Los componentes microbianos, químicos y físicos del agua pueden afectar su aspecto, olor y sabor; dependiendo de ellos el consumidor puede evaluar su calidad, basándose en sus sentidos, aunque es posible que estas sustancias no produzcan ningún efecto directo sobre la salud, los consumidores tienden a dictar sus propias sentencias referente a ello y evitar su consumo. Consecuentemente, se requiere conocer las percepciones del usuario y tener en cuenta, además de los valores de referencia relacionados con efectos sobre la salud, criterios

estéticos al evaluar sistemas de abastecimiento de agua de consumo y al elaborar reglamentos y normas. (OMS, 2006).

En términos literales, el agua potable se define como aquella cuyas condiciones físicas y químicas, además de los caracteres microbiológicos no sobrepasan ninguno de los límites establecidos como máximo o tolerables. Siendo los límites criterios valores permisibles establecidos en las diversas legislaciones y estudios o análisis de calidad del agua. Según el Reglamento para la Calidad de Agua Potable de Costa Rica, N° 32327-S, el agua potable se define como el “agua tratada que cumple con las disposiciones de valores máximos admisibles estéticos, organolépticos, físicos, químicos, biológicos, microbiológicos y radiológicos, establecidos en el presente reglamento y que al ser consumida por la población no causa daño a la salud”. A continuación, se detallan las principales características fisicoquímicas y biológicas que definen la calidad del agua, el origen de los constituyentes, su importancia en la salud, su relación con los principales procesos de tratamiento y los límites de concentración establecidos por las normas internacionales de calidad de agua para consumo humano.

5.2.1 Características Físicas

Estas características van ligadas a aspectos organolépticos y de sensibilización de los sentidos, empero no solo se limita a ellos, por ende, se detallan las principales variables que componen las características físicas:

- turbiedad
- sólidos solubles e insolubles
- color
- olor y sabor
- temperatura
- pH

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, entre otras). Es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que, por su tamaño se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado. La medición de la turbiedad se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro. Las unidades utilizadas son, por lo general, unidades nefelométricas de turbiedad. (Barrenechea, 2011).

Los “sólidos” es el nombre con el que se denominan los residuos obtenidos como materia remanente luego de evaporar y secar una muestra de agua a una temperatura dada. Según el tipo de asociación con el agua, los sólidos pueden encontrarse suspendidos o disueltos. Las partículas pueden estar:

- Disueltas (hasta un milimicrómetro), en cuyo caso físicamente no influirán en la turbiedad, pero sí podrían definir su color u olor.
- Formando sistemas coloidales (1 a 1.000 milimicrómetros), causantes de la turbiedad neta del agua.
- En forma de partículas suspendidas (por encima de 1.000 milimicrómetros), las cuales, caen rápidamente cuando el agua se somete a reposo. (OMS, 2004).

El color es la característica más común con la que se realizan juicios de la calidad del agua, cuando no se dispone de criterio científico o técnico, el agua de consumo no debe tener ningún color apreciable. Por lo general, el color en el agua de consumo se debe a la presencia de materia orgánica coloreada (principalmente ácidos húmicos y fúlvicos) asociada al humus del suelo. Asimismo, la presencia de hierro y otros metales, bien como impurezas naturales o como resultado de la corrosión, también tiene una gran influencia en el color del agua (Arce, 2015).

Otro factor vital lo constituye el olor y sabor. En su estado puro, el agua es tanto inodora como insípida, sin embargo, cuando sustancias orgánicas o inorgánicas se disuelven en el agua, comienza a adquirir un color característico y, algunas veces, olor. El olor de un agua puede ser indicador de contaminación de la misma, bien sea por algún producto químico, o bien, por sufrir esta un proceso de eutrofización. El color aparente del agua se debe a las partículas en suspensión y disueltas, aunque el verdadero color se debe a las partículas disueltas. (Barrenechea, 2011).

La temperatura es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente. (OMS, 2004).

Finalmente, el pH, o mejor conocido como el potencial hidrógeno, influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. (OMS, 2004).

5.2.2 Características Químicas

El agua, como solvente universal, puede contener cualquier elemento de la tabla periódica. Sin embargo, pocos son los elementos significativos para el tratamiento del agua cruda con fines de consumo o los que tienen efectos en la salud del consumidor.

Las principales variables que componen las características químicas son:

- Aceites y grasas
- Agentes espumosos o de sanitización
- Alcalinidad
- Metales pesados

Según Barrenechea (2011) cada variable posee las siguientes características:

1. Aceites y grasas: su presencia puede alterar su calidad estética (olor, sabor y apariencia). El contenido se determina en el laboratorio mediante la extracción de todo el material soluble en un solvente orgánico tal como el hexano. Las normas de calidad de agua recomiendan que los aceites y grasas estén ausentes en el agua para consumo humano, mas por razones de aceptabilidad que porque exista algún riesgo de daño a la salud.
2. Agentes espumosos o de sanitización: entre los agentes espumantes y de sanitización se agrupan todos los compuestos tensoactivos que, por su naturaleza, en mayor o en menor grado, producen espuma cuando el agua es agitada.
3. Alcalinidad: es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. Sin embargo, aniones de ácidos débiles (bicarbonatos, carbonatos, hidróxido, sulfuro, bisulfuro, silicato y fosfato) pueden contribuir a la alcalinidad. Está influenciada por el pH, la composición general del agua, la temperatura y la fuerza iónica. Por lo general, está presente en las aguas naturales como un equilibrio de carbonatos y bicarbonatos con el ácido carbónico, con tendencia a que prevalezcan los iones de bicarbonato. De ahí que un agua pueda tener baja alcalinidad y un pH relativamente alto o viceversa.

Son muchas las características químicas y las mismas se diversifican según la disolución de cualquier sustancia química en el agua, es por ello que las tres presentadas resumen las comunes y de mayor impacto.

5.2.3 Características Microbiológicas

La principal garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de captación al consumidor, de barreras múltiples para evitar la contaminación del agua de consumo o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud. La calidad y directamente la seguridad del agua, se mejora mediante la implantación de barreras múltiples, como la protección de los recursos hídricos, la selección y aplicación correctas de una serie de operaciones de tratamiento y la gestión de los sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo) para mantener y proteger la calidad del agua tratada.

Las metodologías con mayor aplicación y generalización son los sistemas de gestión que hacen hincapié en la prevención o reducción de la entrada de patógenos a los recursos hídricos y que reduce la dependencia en las operaciones de tratamiento para la eliminación de patógenos. Los patógenos fecales son los que más preocupan a la hora de fijar metas de protección de la salud relativas a la inocuidad microbiana. Se producen con frecuencia variaciones acusadas y bruscas de la calidad microbiológica del agua. (OMS, 2004). Según Arce (2015) la bacteria *Escherichia coli* y el grupo coliformes en su conjunto, así como los nematodos intestinales, son los organismos más comunes utilizados como indicadores de la contaminación fecal, mejor conocida como contaminación microbiológica.

El aseguramiento de la calidad del agua en Costa Rica cuenta con un amplio respaldo en el marco legal, disponiéndose de jurisprudencia que directa e indirectamente regula el tema. La principal normativa que rige el tema es el “Reglamento para la calidad del agua potable”, número 38924 del 2015, con su anterior fundamentación en el número de ley 32237-S del 2005. El reglamento establece cuatro niveles de control de calidad del agua con sus parámetros correspondientes y según el agua por tratar. En el cuadro 1 se muestran los parámetros solicitados según el nivel de control.

Cuadro 1. Niveles de control y parámetros para la calidad del agua potable en Costa Rica

Análisis Requerido	Nivel Primero (N1)	Nivel Segundo (N2)	Nivel Tercero (N3)	Nivel Cuarto (N4)
	<i>cc. Control Básico</i>	<i>cc. Programa Ampliado</i>	<i>cc. Programa de Control Avanzado</i>	<i>cc. Programas Ocasionales</i>
a. Parámetros Organolépticos	Color aparente Turbiedad Olor Sabor	Análisis del Nivel Primero (N1)	Análisis del Nivel Segundo (N2)	
b. Parámetros físico-químicos	Temperatura pH Conductividad Cloro residual libre	Dureza total Cloruro Nitrato Sulfato Aluminio		Sólidos totales disueltos
c. Parámetros para sustancias inorgánicas con significado a la salud y plaguicidas	Cloro residual combinado	Calcio Magnesio Hierro Fluoruro Manganeso Sodio	Amonio Nitrito	Sulfuro de hidrógeno

		Potasio Zinc Cobre		
d. Parámetros tóxicos (orgánicos e inorgánicos)		Nitrato Plomo	Arsénico Cadmio Cromo Mercurio Níquel Antimonio Selenio Residuos de plaguicidas	Subproductos de la desinfección Cianuros Desinfectantes Sustancias orgánicas con significado para la salud
e. Parámetros biológicos y microbiológicos	Coliforme fecal (E. Coli)			Otros (Los indicados en el inciso 6.4 del reglamento)

Fuente: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, 2016

La dotación de agua de calidad para uso y consumo humano es un requisito obligatorio en Costa Rica y corresponde a los entes operadores de sistemas de abastecimiento realizar los análisis de los parámetros contenidos en el Cuadro 1 con la periodicidad que establece el Reglamento conforme a la población abastecida.

El propósito en salud pública es garantizar la inocuidad del agua a los consumidores y evitar la transmisión de enfermedades asociadas a la mala calidad del agua.

5.3. Marco legal

La principal ley que regula el agua es la “Ley de Aguas” de 1942, ley que está completamente obsoleta a la realidad actual. Ésta establece como uso principal del recurso el abastecimiento de agua para consumo humano, no obstante, la realidad es que existen conflictos con los otros usos, como el riego o agricultura. Además, los hechos sucedidos en los últimos años, demuestran conflictos con el desarrollo turístico en las zonas costeras, así como carencia de agua debido al fuerte impacto del fenómeno del Niño a partir del 2012.

En el cuadro 2 se presenta el marco legal vinculante con la administración del agua en Costa Rica.

Cuadro 2. Marco legal vinculante con el recurso hídrico en Costa Rica

Tipo	Ley o Decreto	Número de Ley o Decreto	Año de Emisión o Actualización
Uso y consumo humano	Ley de Aguas	276	1942
	Ley General del Agua Potable	1643	1953
	Ley Constitutiva del AyA	2726	1961
	Ley General de Salud	5395	1973
	Ley General del SENARA	6877	1983
	Decreto Reglamento de Perforación de subsuelos para la exploración y explotación de Aguas subterráneas	30387-MINAE-MAG	1942
	Decreto de otorgamiento de facultades al Departamento dentro del MINAE	26635-MINAE	

	Decreto Reglamento para la Calidad del Agua Potable	32327-S	2005 y 2015
	Decreto Cánones para Concesión de Aguas	26624	1998
Hidroelectricidad y servicios públicos	Ley de creación del ICE	449	1949
	Ley Constitutiva de la ESPH	5889	1976 y 1996
	Ley de Co-generación eléctrica	7200	
	Ley de la ARESEP	7593	1996
	Código Municipal (Aplica para código municipal y cada uno difiere en su fecha de creación, empero todos están basados en los mismos criterios)	7794	1998
Ordenamiento territorial, cuencas, protección e impacto	Ley Orgánica del INVU	1788	1954
	Ley de Planificación Urbana	4240	1968
	Ley sobre la Zona Marítimo Terrestre	6043	1977
	Código de Minería	6797	1982
	Ley de Ambiente	7554	1995
	Ley Forestal	7575	1996
	Ley de Biodiversidad	7788	1998
	Ley de Conservación, manejo y uso de suelos	7779	1998

Fuente: Elaboración propia, 2018

La cantidad de leyes y decretos es amplia, sin embargo, la falta de integración ocasiona que el sistema sea ineficiente, acarreado en una escueta protección del recurso hídrico. El principal reto del país es establecer una matriz de integración de su legislación, una actualización de sus entes reguladores y un cambio urgente en la administración de los permisos ya otorgados para el uso del agua. Por dicha razón, la primera gran iniciativa de cambio radica en la ley de agua, la cual tiene más de 73 años de vigencia y no se adapta a la realidad del país.

Según Sagot (2016) esta nueva propuesta, llamada “Ley Gestión Integrada del Recurso Hídrico”, tiene aspectos que promueven el principio de progresividad vinculados con el derecho al agua en cantidad y calidad suficiente. Dichos aspectos avanzan en temas como:

- Elevar en la jerarquía jurídica la visión de derecho humano al agua (el derecho al agua únicamente está normado con el decreto 32327-S).
- Contemplar la equidad de género.
- Validar, contemplar y analizar las variables del cambio climático.
- Integrar el agua al resto de criterios y legislación vinculada a la biodiversidad.
- Prioriza el agua para consumo humano sobre otros usos.
- Regula el uso precautorio para casos de emergencia y medidas cautelares.
- Modifica las concesiones por situaciones de crisis hídricas.
- Introduce el principio de no regresión, entre otros.

Esta iniciativa se ve acompañada del Reglamento para la Calidad del Agua Potable (38924-S), actualizado en setiembre del 2015. El reglamento cita la existencia y obliga la aplicación del SERSA, Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud. La herramienta forma parte del programa de vigilancia que es aplicado por el Ministerio de Salud y constituye las inspecciones por realizar por parte de los inspectores y consiste en:

- Aplicar la metodología de evaluación de riesgo sanitario en cada uno de los elementos del sistema de suministro de agua.
- Girar las órdenes sanitarias pertinentes para la corrección de factores de riesgo, detectados en las visitas de campo.

Adicional al marco legal y jurídico, existen iniciativas costarricenses que establecen parámetros mínimos de cumplimiento que evalúan la calidad de la administración del suministro de agua, ejemplo de ello el “Programa Sello de Calidad Sanitaria”.

El Programa Sello Calidad Sanitaria tiene como objetivo establecer un incentivo para los entes operadores de acueductos, centros de salud, hoteles, centros recreativos y otros establecimientos, que cumplan con los requisitos establecidos por el programa y se preocupen por mantener y mejorar integralmente las condiciones de las estructuras del sistema y de la infraestructura del lugar, de manera que estas permitan abastecer con agua de la mejor calidad a la población que sirven. (AyA, 2017).

5.4. Planes de seguridad del agua

Debido a la limitación de disponibilidad del agua y los tangibles problemas que existen tras el consumo inapropiado y poco eficiente del recurso, los gobiernos, instituciones, comunidades, así como campañas y organizaciones han promovido la implementación de un movimiento y estrategia de control denominada “Gestión integral del Agua”. Como bien lo indica su nombre y según Vicalcomerco (2016), el término gestión implica gestionar y administrar una actividad, insumo o proceso, cumpliendo con el destino establecido por sus objetivos y medios de aprovechamiento. Se puede considerar que gestionar implica la expresión de interés capaz de influir en una situación específica.

Por tanto, la gestión integral del agua se puede considerar como un proceso liderado por los usuarios del agua, que conscientes de su origen e importancia como recursos vitales buscan el máximo aprovechamiento, conservación y uso racional a fin de que llegue de manera justa, en precio, calidad y cantidad, a todos y se asegure su continuidad para futuras generaciones. (CCA, 2015).

Lograr una gestión integral del agua implica una mayor coordinación en el desarrollo y gestión gubernamental, contemplando criterios como:

- Las políticas y la determinación de prioridades, considerando su repercusión sobre los recursos hídricos, incluyendo la relación mutua existente entre las políticas macroeconómicas y de desarrollo y las estrategias para reducción de la pobreza (entre otras políticas nacionales) y el desarrollo y gestión del agua.

- Todos los actores involucrados y particularmente los políticos y funcionarios clave, tanto de los organismos tradicionalmente relacionados con los recursos hídricos, como de los tradicionalmente menos vinculados (como planificación o finanzas).
- Se consideran los niveles de descentralización más adecuados para la gestión de los recursos hídricos, de acuerdo a las características sociales, políticas y económicas de cada país.
- Los grupos de interesados pueden involucrarse en la planificación, toma de decisiones y gestión del agua, garantizando en especial la participación de los grupos menos favorecidos (mujeres, jóvenes, comunidades indígenas, entre otros).
- Las decisiones relacionadas con el agua adoptadas a nivel local o en la cuenca hidrográfica estén en línea o, por lo menos, no interfieran en la consecución de objetivos nacionales más amplios.
- La planificación y estrategias en el ámbito hídrico que contemplen objetivos sociales, económicos y ambientales interconectados. (BIRF, 2016).

Dados los criterios expuestos, una de las herramientas que más se ha potencializado y promovido a nivel internacional son los “Planes de Seguridad del Agua”, diseñados en la búsqueda de lograr el aseguramiento de la gestión integral del agua para cualquier administrador de dicho recurso.

Según WHO (2015) los planes de seguridad del agua representan la forma más eficaz de garantizar sistemáticamente la seguridad de un sistema de abastecimiento de agua de consumo, aplicando un planteamiento integral de evaluación y gestión de riesgos, abarcando todas las etapas de un sistema de abastecimiento, desde la fuente de captación hasta su distribución al consumidor. Los planes de seguridad del agua se basan en muchos de los principios y conceptos aplicados en otros sistemas de gestión de riesgos, en particular en el sistema de barreras múltiples y en el APPCC (Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control), según se aplican en la industria alimentaria.

Los PSA pueden ser de complejidad variable, en función de la situación. En muchos casos, se consideran bastante simples y se centran en los peligros fundamentales

determinados para el sistema en cuestión. Los PSA constituyen y se definen como un poderoso instrumento que permite al proveedor de agua de consumo gestionar su abastecimiento en condiciones seguras.

Los PSA se componen y constituyen a partir de tres fundamentos, todos con la meta de proteger de salud y aprovechar adecuadamente el agua. Los fundamentos son (WHO,2015):

- Evaluación del sistema para determinar si la cadena de abastecimiento de agua de consumo (hasta el punto de consumo) en su conjunto puede proporcionar agua cuya calidad cumpla las metas de protección de la salud. Se incluye también la evaluación de los criterios de diseño de los sistemas nuevos.
- Determinación de las medidas que, de forma colectiva, controlarán los riesgos identificados en un sistema de abastecimiento de agua de consumo y garantizarán el cumplimiento de las metas de protección de la salud. Para cada medida de control determinada, debe definirse un medio adecuado de monitoreo operativo que garantice la detección rápida y oportuna de cualquier desviación con respecto al funcionamiento requerido.
- Planes de gestión que describan las medidas que deben adoptarse durante el funcionamiento normal y cuando se produzcan incidentes y que documenten los planes de evaluación (incluidos los relativos a las ampliaciones y mejoras), monitoreo y comunicación del sistema, así como los programas complementarios.

Los PSA deben contener, además, un estudio periódico para ampliar o implementar mejoras en el sistema, así como el diseño de programas de apoyo para salvaguardar la seguridad del sistema y una estrategia de capacitación e integración con la comunidad. La integración entre factores teóricos y prácticos permiten dinamizar los procesos comunitarios al reconocer la importancia de la búsqueda de alternativas de solución aplicadas al contexto del sitio donde el PSA se desarrolle; desde el bienestar, la participación, la calidad del agua y el reconocimiento de los derechos.

El integrar a la comunidad, o al actor vinculado, fortalece localmente la búsqueda de soluciones sustentables y sostenibles, como la mano de obra, conocimiento y experiencia, debido a que los participantes tienen incidencia en la planeación, diseño, construcción y

administración de sus sistemas, entre otros. El aporte de este planteamiento invita a la articulación de procesos en cada comunidad, capacitando a través de plataformas que permitan lograr el desarrollo mediante la participación comunitaria en las zonas rurales y municipios en el que la toma de decisiones sea autónoma, responsable, equitativa, respetuosa y empoderada.

Al tratarse los PSA de una herramienta sumamente funcional y aplicable, la OMS en el 2004 publica una guía para la calidad del agua potable, en la cual recomienda que los proveedores de agua elaboren y ejecuten “Planes de Seguridad del Agua” para lograr una gestión sistemática a nivel mundial. Desde dicha publicación, muchos gobiernos y autoridades reguladoras, así como proveedores de agua y profesionales han aceptado el método y lo han aplicado.

5.5. Tecnologías limpias

La materialización y conceptualización del término “tecnologías limpias” (TL) es muy amplio y se ha ido expandiendo en los últimos años en busca del mejoramiento ambiental, mediante la generación de soluciones más sostenibles, eficientes, eficaces y ahorativas para la entidad que las ponga en práctica. En este sentido, las TL son un medio y una oportunidad para desarrollar procesos más rentables y eficientes desde la perspectiva social, ambiental y económica.

Según Arce (2015) el concepto se puede interpretar como “la aplicación continua de una estrategia amigable con el medio natural que sea preventiva integrada y aplicada a procesos, productos, y servicios para mejorar la ecoeficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medio natural”. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) amplía aún más la definición, citando que éstas incluyen métodos para reducir el empleo de materiales peligrosos, energía, agua u otros recursos y procedimientos que protejan los recursos naturales a través de la conservación o de un uso más eficiente. (EPA, 2016).

Las TL pueden ser equipos o estrategias para la obtención de una mejora ambiental en la gestión del agua, residuos, atmósfera, suelos, ruido, recursos y eficiencia energética (CTL, 2010). A estas tecnologías, también se les considera sistemas activos, ya que requieren del consumo de recursos (agua, electricidad, vapor) para hacer un uso más eficiente de las

materias primas, o bien, un mayor uso de energías limpias o renovables y no siempre implican que no se hará un uso de un insumo, o que se sustituye por completo.

Los PSA consisten en una tecnología limpia documental y de gestión, la cual de forma eficiente permite asegurar la calidad del agua para consumo humano, disponiendo de flexibilidad para incorporar tecnologías limpias operativas (sistema de control de caudal, desinfección por luz ultravioleta, uso de iluminación solar para desinfección) y de esta forma lograr un proceso integrativo en pro de la mejora continua y abierto al cambio, según la aparición y generación de nuevas tecnologías.

Según Arce (2015) las tecnologías limpias no son solo una gran inversión en nuevas máquinas o el cambio de todo un sistema operativo, estas involucran también cambios en las prácticas ingenieriles y en la conducta, en donde para el caso del aprovechamiento del agua se pueden observar dos situaciones:

- Prácticas de ingeniería: cambios de tuberías, accesorios o procedimientos de operación en la explotación del agua.
- Prácticas de conducta: basadas en el cambio de hábitos en la utilización del agua.

El presente manuscrito consistió en un PSA que incorporó tecnologías limpias para crear una herramienta de control y protección para la ASADA de Suerre, mediante:

- El diagnóstico ambiental de los procesos y productos.
- Priorización de temas.
- Mejoramiento de los productos.

Estos tres criterios se relacionan con el manejo del ciclo de la gestión ambiental, contemplan la definición de una estrategia, la planeación, la gestión del cambio, la evaluación del riesgo, la implementación, el control, la revisión y la verificación.

6. Metodología

6.1. Diseño de investigación

Se consideraron los diferentes tipos y alcances de investigación ya que a partir de los mismos dependió la estrategia desarrollada (Hernández *et al*, 2008). De acuerdo a los objetivos determinados el tipo de investigación fue descriptiva pues se requirió el diagnosticar

y caracterizar la situación socioeconómica, técnica y ambiental actual de la ASADA Suerre y de la comunidad circunvecina y la descripción de eventos peligrosos en el sistema de abastecimiento.

Asimismo, fue de tipo correlacional, ya que se buscó realizar una evaluación en el grado de vinculación entre una o más variables, aplicado al estado actual de la ASADA Suerre con la calidad de agua brindada a la comunidad y las posibles causas en la identificación de puntos críticos de control. La investigación, además, tuvo un enfoque mixto apoyado en datos cuantitativos (análisis de aguas, matrices de evaluación, tabulación de encuestas) y datos cualitativos mediante la utilización de técnicas de observación, visitas de campo y encuestas.

6.2. Fuentes de datos

La información empleada para el desarrollo del proyecto fue producto de fuentes principalmente primarias, como son encuestas y observaciones. Las fuentes secundarias empleadas se limitaron a libros y artículos científicos de consulta general. Es importante enfatizar que parte de la información obtenida fue proporcionada por los miembros de la ASADA y los principales datos o hallazgos del proyecto fueron obtenidos de forma directa por medio de visitas de campo e información geoespacial.

6.3. Descripción del sitio de estudio

La ASADA de Suerre se ubica en la provincia de Limón, cantón de Pococí ubicado en las coordenadas geográficas 10°30'10" latitud norte y -83° 38' 51" longitud oeste; este cantón cuenta con una extensión territorial de 2 403,5 km² (siendo el segundo cantón en extensión del país), cuenta con una población estimada de 154 272 habitantes (PNUD, 2011), del cual 66% corresponde a rural y se caracteriza por ser uno con mayores flujos migratorios del país, lo que significa que constantemente crece. Pococí se ubica en la zona de tránsito de entrada y salidas del 80% del comercio nacional y produce productos para la exportación como lo son: piña, banano, palmito, flores y follajes y tubérculos (Municipalidad de Pococí, 2011).

El acueducto de Suerre se encuentra en la cuenca del Río Reventazón, la cual desemboca en la Vertiente Atlántica de Costa Rica y posee un área de drenaje de 2818.85 km², cubre un área equivalente a 5.52% del total del territorio nacional, constituyéndose como la tercera con mayor área en el país. Esta cuenca se ubica entre las provincias de Cartago y Limón, en las coordenadas 09°30` -10°20` Latitud Norte y 83°20´ - 84°00` Longitud Oeste. Entre

los principales afluentes del río Reventazón se encuentran los ríos Grande de Orosí, Reventado, Birrís, Pejibaye, Turrialba, Tuis, Guayabo, Bonilla, Pascua, Guácimo, Peje, Parismina, Jiménez, Dos Novillos. (ICE, PH Reventazón, 2014).

La cuenca está comprendida por los cantones de: El Guarco, Cartago, Oreamuno, Paraíso, Alvarado, Jiménez y Turrialba, pertenecientes a la provincia de Cartago; Siquirres, Guácimo y Pococí, pertenecientes a la provincia de Limón. Entre los principales centros poblados son Cartago, Paraíso, Tejar, San Rafael de Oreamuno, Pacayas, Juan Viñas, Turrialba y Guácimo y los centros urbanos de Siquirres y Guápiles, si bien se encuentran fuera de la cuenca, tienen mucha relación con ella. (ICE, PH Reventazón, 2014).

Se destaca que la microcuenca en la que se ubica el acueducto Suerre corresponde a la llamada Jiménez y que junto con la microcuenca Bonilla, Pascua Rubio, Destierro, Dos Novillos, y Santa Clara presentan áreas de mayor altura de bloque, cuyas zonas son estratégicas en cuanto a conservación del recurso agua e importante como refugio y alimento para la biodiversidad (ICE, PH Reventazón, 2014). Además, se evidencia la presencia de la zona de protección acuífero Pococí comprendido dentro de tres distritos, Guápiles y Jiménez del cantón de Pococí y por su lado, el Acuífero Guácimo comprendido en su totalidad en el distrito central del cantón de Guácimo (SINAC, S.f.).

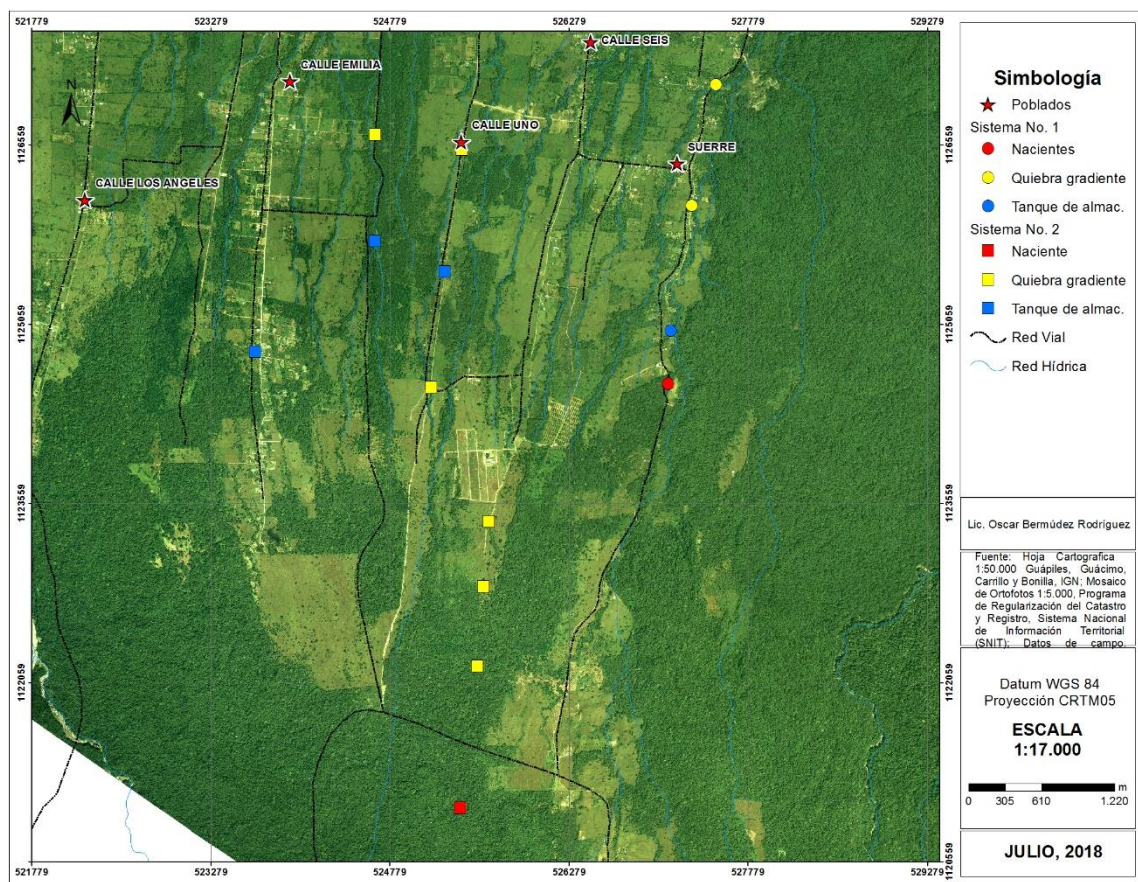


Figura 1. Ubicación de la ASADA de Suerre en microcuenca Jiménez

6.4. Instrumentos y técnicas para la recopilación de la información

6.4.1. Información secundaria y primaria

Para la recopilación de la información, se consultaron distintas fuentes tanto primarias como secundarias, las cuales permitieron generar conocimiento de los temas por desarrollar durante la investigación.

Las mismas fueron basadas en:

- Reuniones con actores sociales del cantón de Pococí y en especial aquellos con mayor influencia en la comunidad de Suerre.
- Aplicación de muestra probabilística de vecinos de la comunidad de Suerre en la etapa de descripción y diagnóstico.

Las fuentes secundarias empleadas fueron bibliográficas: libros, artículos científicos, tesis, revistas, material audiovisual, y páginas web. El fin de consulta de estos consistió en:

- Utilización del Manual para la Elaboración de PSA de la OMS
- Análisis de tesis elaboradas en ASADAS aplicando PSA
- Consulta documentación respectiva a los acuíferos de Guácimo y Pococí.
- Revisión de mapas desarrollados por ACTo y otros.
- Análisis de resultados de pruebas fisicoquímicas y microbiológicas de la ASADA Suerre.

6.4.2. Observación directa

El desarrollo del diagnóstico y la determinación de los puntos críticos de control, así como el desarrollo de aplicación de herramienta SERSA, se realizó mediante visitas a campo, a fin de:

- Desarrollar la aplicación de herramienta Guía de Inspección SERSA (Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud) modificada y ampliada.
- Captura de fotografías en las distintas partes del sistema de suministro de agua (fuentes, tanques de almacenamiento, línea de conducción y red de distribución).

6.5. Procedimiento metodológico

La metodología utilizada fue basada en el “Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua” de la OMS, en la cual se plantea una serie de etapas para poder desarrollar un PSA. Los productos fueron distribuidos mediante las siguientes fases en total concordancia con los objetivos planteados:

Fase I: Diagnóstico social y técnico ambiental del sistema de suministro de agua y de la comunidad de Suerre.

Fase II: Evaluación del sistema de suministro por medio de la determinación de peligros y riesgos.

Fase III: Diseño de la estrategia de plan según prioridades analizadas.

A continuación, se enuncian las actividades y las técnicas empleadas en el estudio de cada fase:

6.5.2. Fase I. Diagnóstico social y técnico ambiental del sistema de suministro de agua y de la comunidad de Suerre

En esta etapa se requirió una descripción detallada de las condiciones sociales, ambientales, estructurales y técnicas de la ASADA Suerre y comunidad, por medio de recolección de información documental, visitas de campo y aplicación entrevistas y encuestas. De seguido se detalla según el cada uno de los temas del diagnóstico las actividades desarrolladas:

1. Condiciones sociales

Se caracterizó la comunidad de Suerre del cantón de Pococí según indicadores sociales como: demografía, nivel de escolaridad, actividades económicas, entre otras y se captó información respectiva a la percepción de la comunidad y actores sociales sobre la calidad de agua abastecida. Para ello se aplicó una encuesta estructurada (anexo 1) a una muestra probabilística extraída del total de conexiones abastecidas por la ASADA Suerre. El estudio de todos los elementos del área de estudio no resulta práctico, implicando elevados costos económicos e inversión de tiempo. Es por ello que resultó necesario la determinación de una muestra, según *Muñiz (2003)* la representatividad de una muestra se logrará siempre que se incluya la aleatoriedad en la selección de los elementos de la población.

Para el presente proyecto fue necesario seleccionar una única muestra: el total de conexiones abastecidas por la ASADA.

El método empleado para el muestreo fue el aleatorio simple probabilístico. La población abastecida por la ASADA es de 1062 conexiones, compuesta por hogares y comercios. Para la determinación de la muestra se desarrollaron los pasos de la ecuación 1.

Ecuación 1. Fórmula para el cálculo de la muestra

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot q}$$
$$n = \frac{(1,96^2) \cdot 0,25 \cdot 1062}{(1062 - 1) \cdot 0,10^2 + 1,96^2 \cdot 0,25}$$
$$n = 88$$

z= Nivel de confianza (1,96)

e= Margen de error (0,10)

p·q= Varianza ((0,50) (0,50) = 0,25)

N= Tamaño conocido de la

población

n= Tamaño de muestra

Resultado de la aplicación de la ecuación se determinó el tamaño de muestra: 88 conexiones.

Adicionalmente, se demandó la identificación de actores sociales estratégicos por medio de la herramienta de MAC (Mapeo de actores clave). El proceso de identificación de estos inició con consultas a expertos y colaboradores de la ASADA quienes brindaron información de contacto sobre aquellas influencias sociales representativas del cantón.

2. Condiciones ambientales

Se identificaron características geológicas y geomorfológicas, de clima, zonas de vida, sistema pluvial, amenazas naturales, importancia hídrica, tipos de suelo y usos de cobertura basado de fuente primaria de la toma de puntos geográficos por medio de visitas de campo a las fuentes de captación, posteriormente se usaron fuentes secundarias de referencia para la creación de mapas varios con la herramienta Atlas ITCR 2008. Se consultó a personeros de la ASADA por la situación de tenencia de las tierras conexas a las zonas de captación, además sobre información de aforos medidos de parte del AyA en documentos.

3. Condiciones técnico-estructurales

Se incluyeron datos generales de la administración de la ASADA por medio de entrevista estructurada (Anexo 2) y se completó información cuya fuente es la Dirección de Aguas del MINAE referente al caudal asignado por fuente de captación, así como de la evidencia de reuniones de COLAGUA (Anexo 3). En el anexo 4 se presentan los elementos técnicos, estructurales y administrativos que se consultaron durante la evaluación técnica.

Adicionalmente, se indagó sobre aspectos administrativos que se consideraron tenían implicación incluyente o excluyente en los riesgos de la ASADA Suerre (Anexo 5).

6.5.3. Fase II. Evaluación del sistema de suministro por medio de la determinación de peligros y riesgos

Se confeccionó el diagrama de flujo del sistema de abastecimiento desde la fuente de captación, tanques de almacenamiento, línea de conducción y línea de distribución, complementado por distintos elementos que ayudaron con la descripción del sistema.

Se consultó a personeros de la ASADA referente a las frecuencias de mantenimiento del sistema en general, disponibilidad de accesorios y repuestos, así como aspectos administrativos de la asociación.

Para la determinación de peligros se realizó una adaptación de herramienta SERSA contemplada en el anexo 6 del Reglamento para la Calidad de Agua Potable No. 38924-S, la cual se complementó con otros criterios técnicos para posteriormente evaluar peligros basados en las distintas etapas del sistema de abastecimiento.

Se determinó el período con mayor representatividad de resultados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos de agua, considerando la trazabilidad y homogeneidad temporal disponible, y se analizaron priorizando en la evaluación de los parámetros cualitativos (de la calidad del agua) y cuantitativos (cumplimiento según legislación) del Reglamento para la Calidad del Agua Potable (N°38924-S).

Se determinó la proyección de abastecimiento de la ASADA, para ello se obtuvo la información de consumo mensual de agua durante el año 2017. Los resultados se digitalizaron en una matriz que recopiló toda la información de los usuarios y los consumos según cada sistema de distribución (sistema 1 y sistema 2). Adicionalmente se digitalizaron los datos de consumo de los meses de enero, febrero y marzo del 2018. Una vez realizado se procedió a obtener el consumo total por año, consumo promedio mensual y con ello se estableció la demanda de consumo actual por abonado y por habitante del acueducto.

Se estimó la proyección de la demanda futura para proyección poblacional de la ASADA. Para determinar la población total que abastece la ASADA Suerre, empleándose el resultado promedio de habitantes obtenido de los censos realizados por el INEC en los años 2000 y 2011 para el distrito de Jiménez (ubicación de la ASADA Suerre). La ASADA Suerre no abastece

todo el cantón de Jiménez, por esa razón se realizaron relaciones estequiométricas para estimar la representación de los abonados de la ASADA. Con los datos de la población total se calculó la proyección de la población mediante tres modelos matemáticos: aritmético, exponencial y logarítmico a 25 años. (Ver anexo 6). El período de crecimiento seleccionado fue de 25 años ya que según el *INEC* (2017) la mayor representación del comportamiento del crecimiento de una población se mide en segmentos de 25 años.

La proyección de la demanda futura de agua requirió el cálculo de la dotación bruta. La dotación bruta ($m^3/hab \cdot mes$ y $L/hab \cdot día$) es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios y pérdidas físicas del sistema. Según *López* (2015) la proyección de la demanda futura de agua debe considerar un porcentaje de pérdida del 25%. Para efectos del proyecto no fue posible estimar el porcentaje de pérdidas real, dada la carencia de un sistema de macro-medición de la ASADA en sus sistemas.

Para determinar la disponibilidad del recurso hídrico se planteó un escenario según lo estipulado por el *AyA* (2016): el caudal promedio de las captaciones se mantiene por igual a lo largo de la proyección, y el porcentaje de pérdidas de estima de 25%. Para la estimación de la dotación bruta empleada en la proyección de la demanda se utilizó la ecuación 2.

Ecuación 2. Fórmula para el cálculo de la dotación bruta.

$$\text{Dotación bruta} = \frac{\text{dotación}_{\text{neta}}}{1 - \%P}$$

Dotación neta= dotación neta ($L/hab \cdot día$)

$\%P$ = porcentaje de pérdidas (25%)

Adicional a ello se determinaron los puntos críticos de control con ayuda de una evaluación preliminar en todo el sistema de abastecimiento (PCC) (Anexo 7), permitiendo así identificar los peligros a los cuales está expuesto el sistema de abastecimiento, a fin de establecer la caracterización, generación de escenarios de riesgo y la priorización de las medidas de atención y control necesarias por parte de la ASADA Suerre. Durante la confección de las medidas de control se determinaron y asignaron los límites operaciones de monitoreo para cada PCC o PC. La identificación de estos se realizó con base en los riesgos

caracterizados, según el siguiente orden: se categorizó PCC todo aquel riesgo que ante la pérdida de control pudiese convertirse en un riesgo significativo para la salud y PC para aquellos que contrarios a los PCC, no representan riesgo a la salud.

La determinación de Puntos Críticos de Control (PCC) y Puntos de Control (PC), se realizó con base en los riesgos ya caracterizados, analizándose de la siguiente manera: si se pierde el control ¿Es probable que ocurra un riesgo significativo para la salud? Si la respuesta a esta interrogante fue afirmativa, dicho punto es un PCC; de lo contrario resulta solamente un punto de control (PC). Las medidas de control se establecieron para los PCC, con el propósito de eliminar, evitar o reducir hasta un nivel aceptable, un peligro para la seguridad del agua.

La evaluación de los PCC se realizó mediante la aplicación del cuadro 3, siendo necesario completar las tres variables de determinación en campo que este solicita: componente del sistema de abastecimiento, evento peligroso y peligro asociado. Adicionalmente, la integración con los cuatro restantes variables previamente estandarizadas con parámetros cuantificables: probabilidad, gravedad, nivel de riesgo y color. La determinación de las siete variables citadas permitió mediante productos numéricos el establecimiento de niveles determinar los PCC de la ASADA Suerre. En el cuadro 4 se presenta la justificación y matriz para la determinación de la probabilidad y gravedad de los riesgos y en el cuadro 5 el detalle de los riesgos según niveles y su posible afectación en el sistema.

Cuadro 3. Evaluación de eventos peligrosos que puede afectar al acueducto

Componente del sistema de abastecimiento	Evento peligroso	Peligro asociado	Probabilidad	Gravedad	Nivel del Riesgo	Color	PCC o PC

Fuente: OMS, 2004.

Cuadro 4. Matriz estimación del riesgo de los peligros asociados

Factor	Valoración	Justificación
Probabilidad	Casi seguro (5)	Ya ha ocurrido anteriormente y volverá a ocurrir
	Probable (4)	Ya ha ocurrido anteriormente y es posible que vuelva a ocurrir
	Moderada (3)	Es posible y podría ocurrir en determinadas circunstancias
	Improbable (2)	No puede descartarse totalmente
	Excepcional (1)	No ha ocurrido y es muy probable que ocurra
Gravedad	Muy grave (5)	Posible enfermedad
	Grave (4)	Posibles efectos sobre la salud a largo plazo
	Moderada (3)	Consecuencias organolépticas o incumplimiento prolongado sin relación con salud
	Menor (2)	Consecuencias locales, sin relación con la salud, ni con parámetros de cumplimiento, ni organoléptica
	Insignificante (1)	Impacto insignificante, alteración pequeña del funcionamiento normal del abastecimiento. Agua segura

Fuente: Deere, 2001

Cuadro 5. Estimación del riesgo según gravedad y probabilidad de los eventos peligrosos que pueden afectar al sistema de acueducto

Riesgo	Puntuación	Color
Muy alto	>15	
Alto	10-15	
Medio	6-9	
Bajo	<6	

Fuente: Elaboración propia, 2018

Una vez determinados los PCC se establecieron medidas de control y los límites críticos de control (LCC) estos últimos permiten verificar si un punto de control (PCC) está controlado. Las medidas de control se estructuraron detallando en qué componente del sistema de abastecimiento se incluye para sintetizar de manera más clara, según el cuadro 6.

Cuadro 6. Determinación de medidas de control y métodos de validación

Sistema	Componente del Sistema de Abastecimiento	Evento Peligroso	Medida de Control	Límite crítico de control (LCC)

Fuente: Elaboración propia, 2018

6.5.4. Fase III: Diseño de la estrategia de plan según prioridades analizadas

Producto del diagnóstico y la determinación de los PCC se concluyó que la herramienta idónea para la gestión de riesgo de la ASADA era un PSA, así se construyó un programa de monitoreo con acciones correctivas según cada peligro, tomando en cuenta todos los criterios operativos y de campo requeridos por la ASADA Suerre.

Se establecieron propuestas de mecanismos y procedimientos para verificar el eficiente funcionamiento del PSA, así como criterios de documentación y comunicación necesarios para la ASADA y la generación de procesos y herramientas de buenas prácticas ambientales y tecnologías limpias para efectuarlos.

Todo el desarrollo del PSA y la aplicación de tecnologías limpia se fundamentó en los lineamientos establecidos por el Manual para el Desarrollo de Planes de Seguridad del Agua de la OMS.

II Capítulo: Resultados

7. Diagnóstico social y técnico ambiental del sistema de suministro de agua y de la comunidad de Suerre

El diagnóstico identificó las características ambientales y sociales de la zona del cantón de Pococí y de la comunidad abastecida por la ASADA Suerre. Además, se estudiaron las condiciones estructurales y técnicas de la ASADA. Toda la información se obtuvo de fuentes comunes, el Plan Regulador de Cantón de Pococí, la aplicación de una encuesta a la población, así como entrevistas, visitas y comprobaciones en sitio con el personal de la ASADA de Suerre.

7.1. Condiciones Ambientales

7.1.1. Geomorfología

El cantón de Pococí se localiza en la parte norte de la Cordillera Volcánica, más específicamente en la Llanura del Norte. Regionalmente el sitio de estudio presenta varias unidades geomorfológicas denominadas formas de sedimentación aluvial, de origen volcánico y litoral de origen marino. Según *Astorga (2012)* Pococí posee la particularidad de formar parte de la cuenca trasarco Limón Norte, diferenciada por no presentar una conspicua deformación tectónica en forma de un cinturón deformado, tal y como se presenta en toda la cordillera de Talamanca y sus estribaciones.

Cada una de las unidades geomorfológicas presenta particularidades y sub unidades descritas a continuación:

1. Unidad de sedimentación aluvial: se subdivide en cuatro sub unidades llamadas llanura aluvial de San Carlos y el Caribe, pantano permanente o temporal, abanico aluvial del Río Toro Amarillo y abanico aluvial del río Chirripo Sucio.
2. Unidad de origen volcánico: se subdivide en tres sub unidades llamadas Cerros y Colinas de vulcanismo de Intragabem, Volcán Irazú y Volcán Turrialba. Estos cerros se encuentran dentro de la llanura del Caribe y tienen laderas de fuerte pendiente, así como cerros o colinas de laderas escarpadas en sus alrededores. Los cerros todavía presentan cráteres que se mantienen en proceso activo de erosión.
3. Unidad de litoral de origen marino: está representada por los cordones litorales y lagunas del Caribe Norte, la cual se sitúa entre el sector al norte de Laguna Agua dulce y las proximidades de la desembocadura del Río Parismina. (INDER, 2015).

Según *Astorga* (1991) formación de Pococí se originó desde la apertura de la zona de subducción en el sector Pacífico del arco de las islas de Costa Rica y fue rellenada por espesos depósitos volcánicos provenientes del arco de las islas. La zona se constituye por relleno cuaternario, el cual ha comprendido depósitos de pie de monte y tipo abanico aluvial proveniente de los volcanes de la cordillera volcánica central o de las estribaciones del inicio de la Cordillera de Talamanca.

Adicionalmente de la geomorfología de Pococí se destaca por:

- Ubicarse en el tipo de formación geológica litopetrofísica.
- El relieve llano (con excepción de la zona sur), categorizándose como llanuras aluviales atravesadas por diversos sistemas fluviales méandricos.
- Pendientes menores al 30% en las llanuras (con excepción de la zona sur donde las pendientes se categorizan como abruptas), aspecto que combinado con la alta precipitación de Pococí, potencializa el desate de consecuencias en lo referente al desarrollo de procesos de erosión y a la generación de deslizamientos. (Astorga, 2012).

7.1.2. Hidrografía

Pococí posee una amplia red hidrográfica con cuencas mayores caracterizadas por sobrepasar los límites geográficos del cantón y vincularlo ambientalmente con otras áreas del país. Los ríos del territorio presentan longitudes considerables, caudales amplios y muchas

uniones de ríos y afluentes. El complejo sistema hidrográfico se representa por las grandes cuencas Costero Caribeño, Insular Canal de Tortuguero, Insular Río San Juan y Río San Juan de la Vertiente Caribe (ver anexo 8). Estas a su vez se involucran con ríos importantes del país, tales como: Chirripó, Parismina, Colorado y los Canales de Tortuguero. El río Parismina converge con el Reventazón kilómetros antes de su desembocadura, el río Chirripó nace del paso del río Sucio, Toro Amarillo, Costa Rica y otros, el río Colorado en el punto de desemboque del Chirripó se convierte en un brazo del río San Juan y desemboca en el Mar Caribe. (Astorga, 2012).

Debido al tamaño de la red hidrográfica y sus interacciones del total del cantón el 8% de las hectáreas de superficie son cuencas, incluyéndose las que desbordan en los límites fronterizos nacionales, como la cuenca del Río San Juan. Adicionalmente, dentro del sistema de islas se localiza la isla más grande del país: Isla Calero. (INDER, 2015).

7.1.3. Clima

El clima de Pococí tiene cuatro factores que definen sus condiciones y el estado en el cantón, estos son: Las zonas de vida, precipitación y zonas bioclimáticas; áreas protegidas y de interés espacial y los acuíferos.

Los detalles y características de cada factor en el cantón se detallan de seguido:

1. Zonas de vida: el cantón posee distintas zonas de vida según la clasificación de zonas bioclimáticas definidas por Holdridge. Las tres principales y más comunes son: bosque muy húmedo tropical (bmh-T), bosque pluvial premontano (bp-P) y bosque muy húmedo premontano (bmh-P).

Según el INDER (2015) estas zonas de vida se caracterizan por las altas precipitaciones anuales y elevadas temperaturas, aunado al matiz implicado por el factor de la altura. Las zonas poseen la particularidad de mezclarse y generar microclimas, mezclados con las características pluviales del norte del territorio y climas influenciados por el litoral costero (distrito de Colorado).

2. Precipitación y zonas bioclimáticas: Según Astorga (2012) la temperatura promedio anual en la zona oscila entre los 25°C y los 30°C y predomina el clima tropical húmedo y muy húmedo, característicos de la zona del Caribe costarricense.

Las precipitaciones promedio varían entre los 3000 a 4000 mm anuales (ver anexo 9) y estos valores representan la condición tropical del país. Las fuertes precipitaciones son además potencializadas por los vientos alisios provenientes del norte y noreste que traen consigo mucha humedad que posteriormente cae en forma de lluvia. Según el Astorga (2012) los meses de mayor precipitación corresponden a julio y diciembre y los meses con menor presencia de lluvias son: abril, marzo y octubre.

3. Áreas protegidas y de interés espacial: Pococí alberga más de 180 mil hectáreas de zonas de importancia para la conservación de la biodiversidad, las cuales un potenciador para garantizar la provisión de servicios ecosistémicos en la región y consecuentemente la capacidad de resiliencia.

Adicionalmente las zonas de protección son una fuente vital para el turismo de la zona y para la producción del agua que se emplea en procesos industriales o agrícolas y para consumo humano. En el cuadro 7 se detalla el nombre y área silvestres protegidas (ASP) de Pococí. (INDER, 2015).

Cuadro 7. Áreas Silvestres Protegidas de Pococí

Categoría	Nombre	Área (hectáreas)
Zona Protectora	Acuíferos Guácimo Pococí	3287.49
	Tortuguero	10.366,92
Refugio Nacional de Vida Silvestre	Archie Carr (privado)	48,04
	Barra del Colorado	79.185,48
	Corredor Fronterizo	9.041,06
Parque Nacional	Braulio Carrillo	1.730,56
	Tortuguero (Área Marina)	76.934,48

Fuente: INDER, 2015

Las ASP de mayor extensión son: el Parque Nacional Tortuguero y el Refugio de Vida Silvestre Barra del Colorado. Tortuguero es parte del gran humedal Caribe Noreste y forma parte del sistema de humedales internacionales desde el año 1996, además de ser reconocido como sitio RAMSAR. (INDER, 2015). En la zona se lleva a cabo el desove de cuatro especies de tortugas marinas (todas en peligro de extinción) y la

constitución de su red de canales y lagunas se encuentran amenazadas por diferentes factores ambientales. Las zonas aledañas a los canales están cubiertas por cultivos como banano y piña, los cuales según el INDER (2014) cortan el flujo biológico natural e incrementan la vulnerabilidad a la contaminación, debido al traslado de agroquímicos por los ríos que desembocan en los canales.

Barra del Colorado está conformada por una zona fluvial con una importante irrigación por ríos como el San Juan, Colorado y Chirripó. En el refugio los valores de precipitación son mucho más altos que en el resto del cantón, estando entre los 5500 y 6000 mm promedio anuales. La flora y fauna es sumamente diversa, contando con 58 especies endémicas y con un porcentaje de cobertura vegetal superior al 80% de la extensión total. (INDER, 2015).

4. Acuíferos: el cantón dispone de dos acuíferos: Guácimo y Pococí. Estos cumplen con la función de proteger las fuentes de agua para consumo humano y se localizan en tres distritos de forma trans cantonal, siendo éstos: Guápiles y Jiménez por parte de Pococí y el distrito centro de Guácimo. Las tomas de agua se han generalizado de carácter superficial, resultando consecuente una alta fragilidad ambiental y riesgo de contaminación, así como posible pérdida de las fuentes de consumo. (INDER, 2015).

7.1.4. Suelos

Según Astorga (2012) el Ministerio de Agricultura y Ganadería en sus estudios ha determinado que en Pococí se presentan los siguientes tipos taxonómicos de suelos: entisoles, histosoles, inceptisoles, ultisoles y alfisoles.

Los suelos presentan condiciones de pendiente escarpadas con valores entre el 50 y 75% de pendiente, lo cual es un indicador de las condiciones de susceptibilidad de los terrenos a los procesos de erosión que se extienden hasta los suelos con condiciones onduladas, debido a las formaciones geológicas en que se presentan. (Astorga, 2012).

Estas condiciones se traducen en ciertas limitantes en cuanto al uso del suelo. Según un estudio elaborado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en Pococí hay ocho categorías para definir la capacidad de uso del suelo, de seguido en el cuadro 8 se detallan.

Cuadro 8. Categorías de uso de suelo en Pococí

Categoría	Capacidad de uso de la tierra
I	Agrícolas, pecuarias o forestales.
II	Agrícolas, pecuarias o forestales con implementación de prácticas sencillas de manejo y conservación de suelos.
III	Cultivos anuales restringidos con uso de prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos.
IV	Cultivos anuales restringidos con uso de prácticas muy intensivas de manejo y conservación de suelos.
V	Pasto o manejo de bosque natural.
VI	Producción forestal y cultivos permanentes frutales y café, sin embargo, estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos.
VII	Manejo de bosque natural y regeneración natural de bosque.
VIII	Protección de belleza escénica, áreas de recarga acuífera, así como flora y fauna.

Fuente: INDER, 2015

El estudio del MAG adicionalmente declara que los suelos que más abundan en Pococí son los del tipo VII (manejo de bosque natural y regeneración natural de bosque) mejor conocidos como: suelos de aptitud forestal. Esta condición radica por las condiciones de pendiente escarpadas que representan más del 50% de la totalidad del cantón y, que, por su condición natural deberían estar cubiertas por bosques naturales. (INDER, 2015).

Durante los siglos XIX y XX en Pococí se dio un proceso intenso de deforestación, lo que ocasionó que el principal uso de suelo (forestal) se violentara y se desarrollaran diferentes usos del diferente al establecido por la capacidad del suelo, catalizando una elevada susceptibilidad en la zona a los procesos de erosión y deslizamientos. Este factor, combinada con las condiciones geomorfológicas, las altas precipitaciones y las fuertes pendientes

incrementan sustancialmente las condiciones de susceptibilidad a las amenazas ambientales de Pococí. (Astorga, 2012).

7.1.5. Amenazas Ambientales

Según *Astorga* (2012) durante el proceso de diagnóstico de vulnerabilidad ante amenazas ambientales del cantón de Pococí hay tres tipos que representan mayor riesgo: los deslizamientos, inundaciones y avalanchas y amenazas sísmicas y fallamiento local.

De seguido se detallan las características de cada uno de los tipos de amenazas en el cantón de Pococí:

1. Deslizamientos (estabilidad de ladera): en Pococí se presentan zonas con flujos de gravedad activos y potencialmente activos, referidos específicamente a aquellos espacios geográficos donde se presentan procesos de deslizamientos que han tenido ya un movimiento gravitacional o que se encuentran en una condición cercana a que ocurra, contando con una latencia a deslizamientos muy alta. Todas las zonas con altas pendientes tienen un alto riesgo y una alta susceptibilidad por las características de geoaptitud litopetrofísica y posibles sismos o altas precipitaciones. En el cantón se presentan cuatro tipos de zonas con características particulares de deslizamientos:
 - i. Zonas donde se presentan deslizamientos activos.
 - ii. Zonas con fenómenos de erosión muy activos y alto peligro (para la generación de deslizamientos nuevos).
 - iii. Zonas con fenómenos de erosión activos y peligro moderado (para la generación de deslizamientos nuevos).
 - iv. Zonas con vulnerabilidad reducida al desarrollo de deslizamientos (debido a las condiciones de uso del suelo actual que disminuye los factores que inducen a su desarrollo). (Astorga, 2012).
2. Inundaciones y avalanchas: los cauces de los sistemas fluviales que atraviesan Pococí pueden representar una fuente de inundación, o bien, del paso de flujo de granos de lodo (avalanchas). No todos los cauces son susceptibles a desarrollar el fenómeno de inundaciones debido a las características de relieve del cantón que van

desde moderado hasta muy pronunciado, reduciéndose significativamente la vulnerabilidad ante este tipo de amenaza ambiental.

Las avalanchas entendidas como aquella que conforman la parte canalizada de un flujo derivado de un deslizamiento, y dada la extensión de Pococí que es vulnerable a este fenómeno, sí es posible que abarque la totalidad de los drenajes fluviales y resultado necesario que en todo el cantón se respeten las áreas de protección establecidas por la Ley Forestal para los ríos y quebrada. (Astorga, 2012).

3. Amenazas sísmicas y fallamiento local: Pococí se ubica dentro de la unidad morfotectónica del antearco con un alto grado de actividad sísmica, relacionado con la placa oceánica de Cocos debajo de la placa Caribe, implicando un elevado riesgo a eventos sísmicos de alta energía provocados por el proceso de subducción. El riesgo latente para las construcciones vinculado a las condiciones sísmicas de la zona de alta energía está directamente relacionado con las características litopetrofísicas del suelo y el subsuelo superior. (Schmidt, 2005). Adicional en el cantón hay una alta probabilidad de ruptura de superficie debido a las fallas geológicas activas existentes, las cuales adicionalmente representan una posible fuente de ondas sísmicas. En el anexo 10 se presentan las principales fallas geológicas de Pococí. (Astorga, 2012).

Estas amenazas ambientales generan una condición de vulnerabilidad para más de un tercio de la población que reside en el distrito, significando que las construcciones donde viven o laboran, se localizan en espacios geográficos susceptibles al desarrollo de amenazas de los tres tipos citados y que representan condiciones de alto y muy alto riesgo. Según Astorga (2012) esta condición no implica que las construcciones o el desarrollo total de la zona deba ser trasladado o evacuado a zonas menos vulnerables debido a la poca viabilidad, pero sí resulta vital trabajar paulatinamente en estrategias de control y reducción de la vulnerabilidad del cantón.

7.2. Condiciones Sociales

7.2.1. Tipo de zona y distribución cantonal

Las zonas rurales se caracterizan por ser una unidad geográfica dedicada principalmente al desarrollo de actividades rurales, compuesta por entes dedicados a la sociedad e instituciones particulares, asentada en bases de recursos naturales propios y con formas de organización, producción, consumo, intercambio y manifestaciones de identidad comunes. Estas propiedades se materializan en el cantón de Pococí y describen la naturaleza organizacional del cantón, el cual está a su vez conformado por siete distritos: Cariari, Jiménez, Guápiles, Rita, Roxana, Colorado y La Colonia. (INDER, 2014).

El cantón Pococí forma parte de la provincia de Limón, ubicada al noroeste de Costa Rica. En el centro del cantón (Guápiles y Cariari) se desarrollan las actividades con mayor influencia urbana debido a las 27 dinámicas multidimensionales que allí se realizan de índoles comerciales, financieros, entre otros. Adicional, en el centro está la infraestructura más importante, considerando la posición geográfica y la cercanía con el puerto de Limón. (INDER, 2014).

7.2.2. Población

Según el INEC (2011) en Pococí habitan 125.962 personas con un crecimiento entre el año 2000 y 2010 de un 18% (22.841 personas), duplicando el promedio nacional de 9%. La proyección para el 2017 es de 144.339 personas y para el 2025 de 160.387. (INEC, 2017).

Según el *INEC* (2017) la mayoría de la población se ubica en el rango de edad entre 15 y 30 años con un porcentaje de representatividad del 29% y con un porcentaje similar de 27% la población de 0 a 15 años, por tanto, más del 50% de la población está constituida por personas jóvenes. Estos resultados se confirmaron mediante el estudio de la distribución de la población según el rango de edades, realizado a través de la aplicación de la encuesta (ver anexo 1).

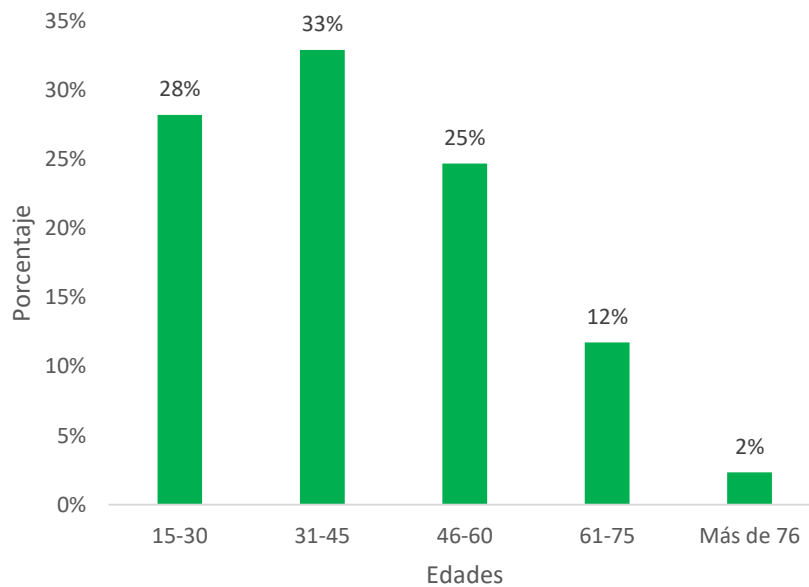


Figura 2. Distribución de la población servida por la ASADA Suerre según rangos de edad

Fuente: Elaboración propia, 2017

En cuanto a la distribución por género servida por la ASADA y que fue evaluada un 61% correspondía a mujeres y un 39% a hombres, obedeciendo el resultado a la naturaleza de ser la ama de casa quien permanece mayormente en el hogar. (FAO, 2016).

7.2.3. Productividad

Pococí forma parte de una de las zonas históricamente más rezagadas del país con una incidencia de la pobreza en los hogares del 29,3% versus el 21,6% registrado en el resto de Costa Rica. La tasa de desempleo abierta es de 7,4%, en comparación con el 7,8% nacional y caracterizado por afectar en un 12,0% a las mujeres frente a 5,4% de los hombres. (PEN, 2017).

Las oportunidades laborales de la zona han tenido un dinamismo significativo en las últimas décadas, de forma específica en la estructura productiva. Históricamente la zona se diferenciaba por su vocación agrícola del monocultivo del banano, directamente dependiente de compañías transnacionales. En la actualidad en la zona se mantiene el cultivo de banano, piña, raíces, tubérculos, palmito y actividades de ganadería y producción forestal. Sin embargo, la zona se puede definir ahora por una vocación heterogénea con la introducción de nuevos

patrones de producción como los servicios, comercio y agroindustrias y con una menor presencia el turismo. (INDER, 2015).

Según el *Programa del Estado de la Nación* (2017) el sector primario, o bien, producción agrícola, sigue siendo una fuente importante de empleo con más del 41% de la fuerza laboral y el sector terciario (servicios) predomina con un 47%, denotando el predominio que han adquirido los servicios en la zona. En su composición el sector terciario se distribuye de la siguiente manera: 25% al comercio y reparación, 17% a la manufactura, 9% a hoteles y restaurantes, 8% a la enseñanza, 7% a la comunicación y 33% a otros servicios (inmobiliario y empresarial, administración pública, servicios comunitarios, domésticos, salud y atención social). Empero, estos cambios no han sido suficientes para revertir el tradicional rezago social de la región.

De la población económicamente activa colocada que representa el 93.13% (30.566 según el INEC), el 45% labora en el sector de agricultura y ganadería, el 14% en comercio y reparación (4.261), el restante 41% de las actividades se sitúan en orden de importancia en industria manufacturera (2.903), construcción (1.541), hoteles y restaurantes (1.355), enseñanza (1.348), transporte y comunicación (1.233), inmobiliario y empresarial, administración pública, servicios comunitarios, domésticos, salud y atención social y otros menores.

Otra importante característica del grupo laboral en su baja calificación ya que solo el 79% de las personas de 13 a 17 años asisten al sistema educativo y en el grupo de 25 a 39 años apenas un 29,1% tiene secundaria completa o más. (INEC, 2017).

7.2.4. Escolaridad

Según el Ministerio de Educación Pública (2017) en Guápiles hay más de 171 centros educativos de primaria y secundaria de carácter público y privado, distribuido un 4% en educación privada y 96% en educación pública. Del total de centros educativos 6% se ubica en Pococí.

Empero, la alta cifra de centros educativos no ha generado un impacto en la población que asiste ya que según el INEC (2011) la población mayor de cinco años quien asiste a

centros educativos es de 29.976 y la población que no asiste es de 79.625. Además, la población en condición de analfabetismo mayor a 10 años es de 3.585 personas (3 % del total de residentes de Pococí). En cuanto a los estudios superiores únicamente 17.665 personas en la zona urbana de Pococí cuentan con estudios superiores y en la zona rural 6.010 personas, considerándose en esta zona estudios universitarios y para-universitarios en el conteo.

La educación superior en Guápiles se imparte en tres instituciones de educación superior públicas, específicamente: Universidad de Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia y Universidad Técnica Nacional. En el ámbito privado están las sedes de: Universidad Autónoma de Centro América, la Universidad Latina, Universidad de San José, Universidad Florencio del Castillo, Universidad San Isidro Labrador y Universidad Tecnológica Nacional. Además, existen tres centros universitarios: CUN Limón, COSVIC e Instituto Boston. (INDER, 2015).

Resultado de la encuesta aplicada se evaluó el grado de escolaridad de las personas y se logró evidenciar que más del 80% de los evaluados habían completado la educación primaria y el 41% cuenta con educación secundaria completa. En la figura 3 se presenta la distribución de los valores de educación según los grados: primaria, secundaria, universitaria y sin formación (ninguna).

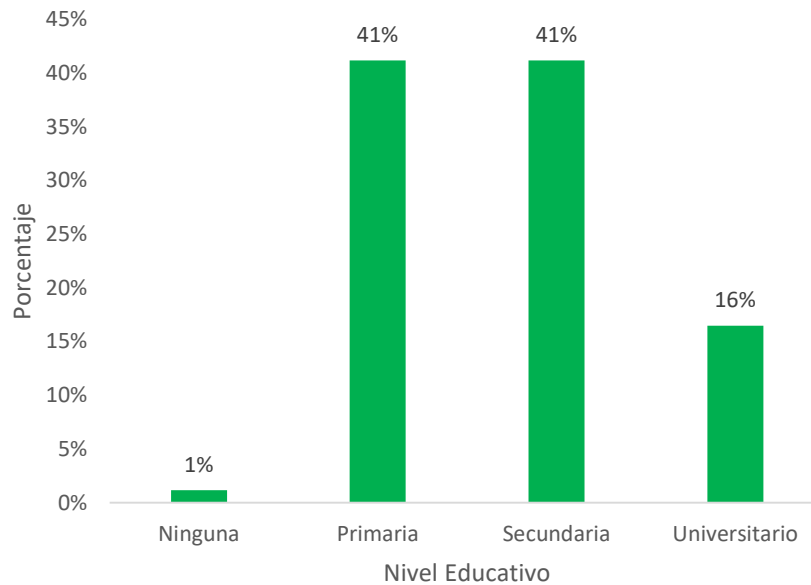


Figura 3. Resultados de la evaluación de la escolaridad de los usuarios servidos por la ASADA Suerre

Fuente: Elaboración propia, 2017

Resultado de la evaluación se logró evidenciar que el analfabetismo en los usuarios servidos por la ASADA Suerre es 2% menor al valor general del cantón de Guápiles y el porcentaje de personas que cuentan con formación universitaria es superior por 6% al estándar de Guápiles, siendo así posible caracterizar a la población servida por la ASADA Suerre por contar con mayores niveles de educación comparados con los valores generales del cantón de Guápiles.

7.2.5. Organizaciones Locales

En Guápiles existe una amplia presencia de instituciones públicas y organizaciones enfocadas en diferentes áreas de acción y de tipos de organización. Adicionalmente se cuenta con actores como la Iglesia católica, municipalidades (adscritas a la Federación de Municipalidades de Costa Rica), grupos organizados de intereses comunes (organizaciones comunitarias), entre otros. (INDER, 2015).

Otra fuente de organización son las instancias de segunda base caracterizadas por conglomerar dos o más organizaciones del mismo tipo y de la misma área de acción,

destacándose los entes y organizaciones que suministran los servicios básicos a la comunidad. En el anexo 11 se presentan estos mecanismos de articulación presentes en Pococí. (INDER, 2014).

7.2.6. Servicios básicos

Los servicios básicos disponibles en Pococí son: energía eléctrica, agua, salud y gestión de residuos. La energía eléctrica y salud están suministrados respectivamente por el ICE y la Caja Costarricense de Seguro Social (y algunos centros médicos de atención privada) entidades gubernamentales y de acceso a todos los ciudadanos de Pococí (el servicio de salud cuenta con limitantes administrativas). (INDER, 2014). En Pococí se dispone de 30 EBAIS, 2 áreas de salud y 1 hospital.

La gestión de residuos es regulada por la ley N°8839 “Ley para la Gestión Integral de Residuos”, con vigencia desde el 2010 y con obligaciones en cuanto al manejo de residuos municipales, industriales y domiciliarios enfocados a la valorización de residuos y la reducción de la cantidad de residuos enviada y consecuentemente incorporada en los rellenos sanitarios. En Pococí la gestión de residuos municipales es liderada por la Municipalidad. Según los resultados del INEC el 1,6% de la población de Pococí asegura que valorizan los residuos que generan y el 98,4% cita que no dan ningún tipo de aprovechamiento y los descartan en su totalidad como residuos no valorizables. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (2011) en Pococí la disposición final de los residuos se realiza de la siguiente manera: 86% se entrega al camión recolector que traslada los materiales al vertedero, 8% la quema, 3% la deposita en un hueco o la entierra, 3% le da diferentes disposiciones finales y menos del 1% la bota en un río o en un lote baldío. En la figura 4 se evidencia la distribución de los tipos de disposición final que se da a los residuos en Pococí.

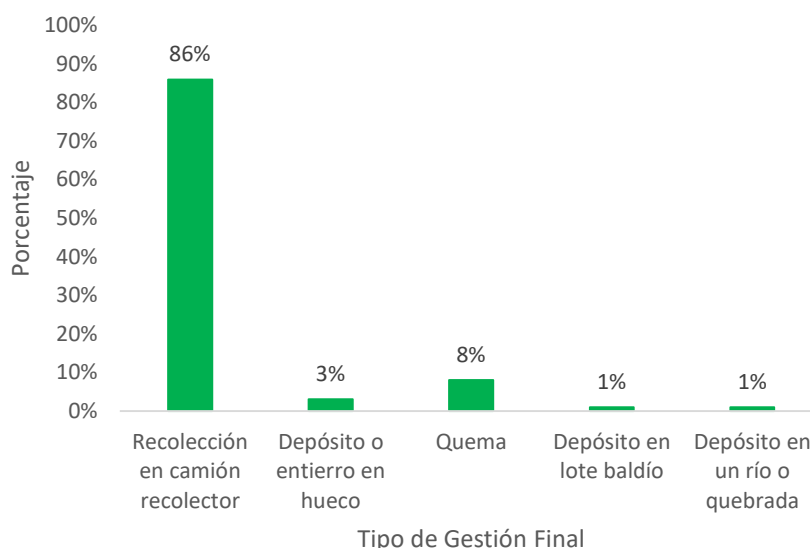


Figura 4. Tipo de disposición final de residuos en el cantón de Pococí

Fuente: INEC, 2017

Si bien se puede aseverar que la mayor parte de los residuos recibe una adecuada disposición final, existe más de un 10% de residuos generados que no está siendo tratada correctamente y resulta un valor alarmante. El porcentaje de residuos que se deposita en los cuerpos de agua es bajo, sin embargo, no deja de representar un serio peligro de contaminación y de afectación a las fuentes de dotación y captación de agua para consumo humano o riego.

En cuanto a la administración del servicio de agua potable, existen dos organizaciones locales empoderadas: AyA y ASADAS.

El servicio del AyA tiene un alcance limitado y su red de distribución no abastece la zona de Suerre, justificándose así el trabajo y existencia de la ASADA de Suerre. Durante la aplicación de la encuesta se consultó si los usuarios de la ASADA de Suerre conocían quién era la organización que proveía el suministro del agua y se reflejó que más del 89% de la población efectivamente tenía claro la organización y el 11% restante consideraba que el suministro era del AyA, o en su totalidad lo desconocía. En la figura 5 se evidencia la atinencia de las respuestas de los encuestados.

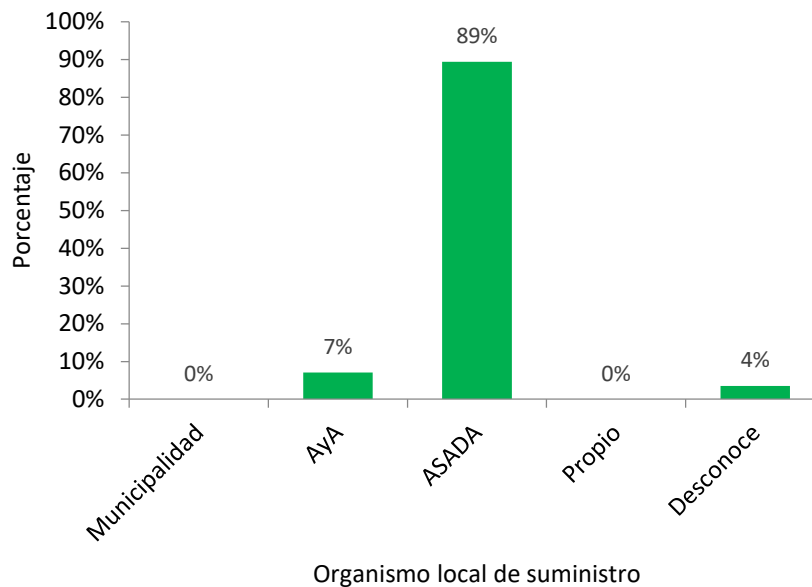


Figura 5. Resultados de la evaluación del conocimiento del organismo local que suministra el servicio de agua potable

7.2.7. Evaluación social del suministro de la ASADA de Suerre

Aunque más del 89% de los abonados del suministro de agua conoce que el proceso es gestionado por la ASADA de Suerre, durante la evaluación de la percepción de la población se determinó que existe un desconocimiento sobre el tipo de fuente de captación superior al 20% y de la ubicación en un 30% de los abonados. Así, al preguntarles sobre el tipo de fuente de captación, las repuestas fueron: 74% naciente, 20% desconoce, 6% río, 0% naciente. Mientras que, al consultarles por la ubicación de la fuente, el 68% aseveró sí conoce claramente donde se realiza la captación.

Estas respuestas denotan que las brechas de información y capacitación sobre conceptos básicos de la ASADA son pequeños, siendo posible su corrección con campañas de comunicación y formación sobre aspectos generales, para así fortalecer el criterio de todos los abonados en la toma de decisiones de medidas para la protección de la fuente de captación y la administración del suministro.

En cuanto al uso y tratamiento que los abonados dan al recurso suministrado, más del 98% indicó que el agua la usan específicamente para consumo humano y el 65% aseveró que sus aguas residuales no son tratadas una vez que se contaminan en sus hogares. Los demás usos citados del agua suministrada de la ASADA Suerre fueron: 1% para el riego de plantaciones y 1% para la alimentación de ganado, siendo posible aseverar que en su mayoría el agua se emplea únicamente para consumo humano. Consecuentemente, al preguntar por el tratamiento del agua; un 35% de los abonados indicó que sí tratan las aguas y de este porcentaje un 12% aseveró que lo hace mediante tanque séptico y exclusivamente para las aguas negras. Por tanto, el tratamiento y gestión sanitaria del agua residual se puede aseverar es escaso y se limita al tratamiento de un único tipo de agua residual, resultando la mayoría de las aguas grises carentes de tratamiento alguno.

Además de los resultados de conocimiento, uso y tratamiento y demás relacionados meramente con la administración de los abonados, durante la encuesta se valoraron temas de calidad, potabilidad y distribución del suministro y se generaron los siguientes resultados:

- 99% de los abonados consideran que el agua es potable.
- 60% de los abonados categoriza la calidad del servicio como: “excelente”.
- 82% de los abonados nunca ha presencia anomalías en el agua.
- 54% afirma ocurren cortes del suministro y el 85% asevera que ocurren una vez al mes.
- 96% nunca ha presentado una enfermedad por el consumo del agua.
- 55% asume que las ganancias por facturación del suministro se invierten en el mejoramiento del acueducto.

Los resultados del servicio y administración de la ASADA son positivos y afirman la excelencia de la gestión y la calidad del agua suministrada. Empero, más del 60% de los abonados consideran el servicio “excelente”, 35% de los abonados indican que el servicio es “bueno”, un 4% “regular” y un 1% indica que la calidad es mala, resultando necesario trabajar y desarrollar planes para la evaluación de la mejora continua y satisfacción de los clientes del suministro. Aunado, una de las falencias más denotadas y aquejadas por los abonados son los cortes de agua, de los cuales se conoce y tiene claro que ocurren una vez al mes, sin

embargo, para más del 54% de los abonados se toman lapsos largos en las reconexiones y aseveran no se les comunica previamente el corte.

Adicionalmente, el 4% de los abonados indicaron que presentaron enfermedades por el consumo de agua, tales como: diarrea y vómitos, empero, citaron que no pueden aseverar que el agua fuese el responsable directo de las enfermedades o síntomas, pues en ninguno de los casos se ingirió únicamente agua y el consumo consistió en alimentos que estuvieron en contacto con parámetros ajenos que pueden haber estado contaminados y ser los generadores de los síntomas.

7.3. Gestión administrativa y técnica del acueducto de Suerre

7.3.1. Requisitos Legales

En el año 2015 a la ASADA se le aplicó la herramienta SERSA por parte del Área Rectora de Pococí, Ministerio de Salud y en cumplimiento al Reglamento para la Calidad del Agua Potable se solicitó por medio de orden sanitaria HC-ARSP-2991-2015, el ponerse al día referente al permiso sanitario de funcionamiento para la actividad de servicio de captación y abastecimiento.

La ASADA cuenta actualmente con el PSF para la bodega no. 1 a vencerse el 31 de marzo del 2020 (HC-ARSP-0347-2015), empero el nuevo edificio administrativo no cuenta con este y se está en el debido trámite para obtenerlo, siendo un importante incumplimiento legal.

Referente al PSF en sí para la actividad de “Captación y almacenamiento de agua” no se cuenta con el mismo, debido a que para tramitarlo requieren de la resolución municipal y aún no se cuenta con esta por motivo de pertenencia del terreno al estado (IDA).

7.3.2. Gestión organizacional

La gestión organizacional se compone de múltiples variables que fundamentan la operación de la ASADA. De seguido se presentan las principales variables:

- 1. Estructura organizativa:** La asociación administradora del sistema de acueducto y alcantarillado Suerre cuenta con 6 funcionarios, distribuidos de la siguiente manera:

- Trabajo administrativo (1 colaborador): atención del público en oficina, asistir a reuniones, atención de denuncias, extender documentos solicitados por los clientes, hacer presupuestos para gastos e inversiones, realizar las planillas de los colaboradores, trabajar con la junta directiva en apoyo a las decisiones, entre otros.
- Trabajo de contaduría (1 contador privado externo): Realiza las tareas de contabilidad pertinentes.
- Trabajo técnico (dos fontaneros y dos choferes): mantenimiento a la infraestructura del acueducto a nivel preventivo y correctivo reparación de fugas, instalación de medidores, mantenimiento de hidrantes, tuberías, medidores, tanques de almacenamiento, quiebra-gradientes, válvulas de presión. Limpieza y pintura de tanques, mallas, lectura de medidores, muestras de cloro en la red, bitácoras de medición de cloro, entre otros.

No se cuenta con un reglamento interno que estipule condiciones para los colaboradores específicas, más allá de las establecidas obligatoriamente por ley.

2. Capacitación interna y externa: La ASADA no cuenta con un plan de capacitación que cuente con un cronograma anual, sin embargo, el personal administrativo si es convocado para alguna capacitación externa por parte por ejemplo de AyA u otra institución, acuden para asistir a la misma.

La sensibilización a la población del área de influencia de la comunidad de Suerre, es necesaria para contribuir a la protección de las fuentes de recargadas, a las captaciones y en el saneamiento del agua. Conscientes de ello la ASADA realiza distintas actividades a través del año. Se hacen celebraciones de distintos días ambientales para su respectiva conmemoración. En el anexo 12 se citan ejemplos de los eventos de capacitación y sensibilización que ha participado la ASADA.

3. Junta directiva: Toda ASADA debe cumplir el tener una junta directiva, la cual es formada por miembros de la comunidad. En el cuadro 9 se presenta la conformación de la junta directiva.

Cuadro 9. Conformación de junta directiva de la ASADA Suerre

Puesto	Nombre
Presidencia	Greivin Bonilla Sánchez
Vicepresidencia	Ingrid Esquivel Rodríguez
Secretaría	Luis Guillermo Hernández Cordero
Tesorería	Katty Marín Salazar
Vocal 1	Walter Montero Jiménez
Vocal 2	Xinia Rodríguez Fallas
Vocal 3	Mauricio Mora Rodríguez

Fuente: ASADA Suerre, 2017

Los miembros de la directiva se reúnen cada 15 días los segundos y cuartos jueves del mes, con el fin de ir trabajando acciones, designar responsables y llevar el cronograma de cumplimiento; cabe destacar que se lleva la respectiva minuta de la reunión.

Además, se realiza una asamblea ordinaria por año, en la cual se exponen los informes financieros y labores realizadas por la junta y el personal. Esta asamblea permite la participación de afiliados y público en general.

Infraestructura administrativa: ASADA Suerre cuenta para el área administrativa de un edificio principal de dos plantas con un área total de 105 m² (ver anexo 13), el cual tiene varios fines como es la atención de trámites, reuniones, bodega y área con fines de educación ambiental. En este, existe una bodega de almacenamiento de materiales, en la cual el inventario se maneja el debido stock con un registro pertinente con la identificación de los equipos.

Adicionalmente, se cuenta con otra bodega (100m sur de la escuela de Suerre), de 42m², la cual es utilizada para el almacenamiento de equipo.

7.3.3. Gestión operativa

La gestión operativa de la ASADA se diagnosticó para los siguientes criterios: plan de mantenimiento operativo, programa de calidad del agua, cobertura de micro medición, administración de bodegas, servicios prestados y administración de bodegas.

Con la intención de profundizar más y estructurar los resultados, se estudiaron criterios operativos y se aplicó la herramienta de evaluación administrativa, permitiendo determinar oportunidades aplicables de mejora a la administración, constituidos por requisitos legales vinculantes y principios administrativos básicos necesarios. En el anexo 14 se presentan los resultados de la evaluación, de seguido se enlistan y describen:

- 1. Servicios prestados:** actualmente se cuenta con dos: acueducto e hidrantes. El servicio de hidrantes (13) se realiza con la intención de promover y garantizar la disposición de las medidas de atención de emergencia en la comunidad abastecida que estén relacionadas con el recurso hídrico. Los hidrantes dispuestos para la atención doméstica son colocados y financiados por la ASADA. Los hidrantes que se colocan en clientes comerciales son instalados por la ASADA y adquiridos por el cliente comercial. Durante la adquisición la ASADA facilita toda la información necesaria sobre proveedores y especificaciones técnicas, adicionalmente, asesora a los clientes sobre la ubicación dentro de sus locaciones con la intención de asegurar una máxima efectividad de la unidad. En cuanto al servicio de saneamiento, la ASADA está altamente informada y conoce de la necesidad de incluir este tipo de servicio y no descarta la posibilidad, empero la misma no figura como un plan al corto o mediano plazo.
- 2. Totalidad abonados:** la ASADA Suerre cuenta con 1062 abonados, distribuidos por sistema según su distribución geográfica, en un área de 19ha.
- 3. Plan de mantenimiento operativo:** Para el mantenimiento preventivo existen trabajos asignados diariamente, ejemplo de ellos son: instalación de previstas, reparación de fugas, lavado de filtros en las nacientes, cloración en tanque de almacenamiento y en la red como cloro residual, mantenimiento de la estructura como lo es limpieza, lavado, pintado y mantenimiento de válvulas. Los operarios deben anotar diariamente las actividades ejecutadas en un registro, detallan las tareas según el tipo de estructura, la correspondencia de la frecuencia (al momento de realizar la tarea) y la atención de urgencias. En el cuadro 10 se

presentan la planificación de las tareas de mantenimiento de las estructuras del sistema.

Cuadro 10. Mantenimiento de estructuras del sistema de la ASADA Suerre

Estructura	Actividades de mantenimiento	Frecuencia
Captación	Lavado de mallas, portones, tapas, losas, herrajes, techos y protectores de las tapas	2 veces al año
	Drenado y lavado interno	Todas las semanas, día viernes
	Aforos	2 veces al año
	Cambio de filtros	2 veces al año
	Limpiezas de filtros, barrido de losas, tapas y techos.	Todos los viernes
	Pintura de mayas, portones tapas, losas, herrajes y techos protectores de las tapas	2 veces al año
	Chapia ronda, senderos y carriles	Todos los meses
Hidrantes	Lavado	1 vez al año
	Drenado	1 vez al semestre
Clorador	Pintura	2 veces al año
	Revisión	Diaria
Tanque de almacenamiento	Corta de césped	1 vez al trimestre
	Lavado de malla y pintado	1 vez al año
	Limpieza de hojas Lavado interno	

	Mantenimiento de boya	
Medidores	Corta de césped	5 veces al año

Fuente: ASADA Suerre, 2017

Además, se debe atender emergencias, incluyéndose en éstas atención de fugas, averías en tubos de conducción y distribución, daños en las válvulas de los tanques de almacenamiento, ruptura en tubos de conducción y reportes de falta de agua en sectores específicos.

Referente a las fugas al mes son de aproximadamente 2-3 fugas, este dato puede variar, dependiendo de las eventualidades y para la identificación de estas surgen a través de trabajo de campo y el reporte de las mismas, ya sea por llamada telefónica, visita a las oficinas administrativas o notificación al correo electrónico (asada.suerre@gmail.com).

4. Programa de calidad del agua: La ASADA al participar del Sello de Calidad del Agua (programa interno del AyA) es esta misma entidad quien le realiza parte del control de los parámetros establecidos por ley para el debido cumplimiento con rubros de potabilidad.

5. Micro medición: entre el 75% y 100% de los abonados cuentan con micro medición, permitiendo cuantificar, registrar y documentar el consumo absoluto de las conexiones. Así mismo, los micro medidores se consideran entre 75% y el 100% en buen estado. La gestión de la medición se realiza mensualmente y la tarea se responsabiliza en el fontanero, quien recolecta la información mediante rutas sectoriales. Una vez tomados los datos, se ingresan al sistema de control con el que cuenta actualmente la ASADA.

6. Control de nuevas conexiones: no se mantienen previstas para conexiones y tampoco se documentan por año las nuevas conexiones instaladas, siendo este último criterio una variable de alto valor en la determinación de los patrones de crecimiento actuales de los abonados y consecuentemente en las proyecciones de demanda futura.

7. Gestión de la demanda: pese a contarse un alto grado de medición del consumo de los abonados, la ASADA Suerre no cuenta con una proyección

estadística de la demanda y consecuente satisfacción de actuales y futuros abonados. Dicha proyección tampoco es evaluada mediante el método de aforos, por tanto, la estimación actual se fundamenta en el conocimiento técnico y empírico (en proyecciones de demanda de agua comunal) del personal administrativo.

8. Administración de las bodegas: todas las bodegas cuentan con responsables del control de inventario (punto de reorden y PEPS (primeros en entrar, primeros en salir)). Dentro de las bodegas se desarrollan las tareas de mantenimiento y limpieza de herramientas. Durante la evaluación y considerando la administración de pastillas de cloro, se identificó que las bodegas carecen de las hojas de seguridad (MSDS) de estas y que, el personal responsable de la gestión del producto químico no está capacitado en la interpretación y uso de las hojas.

9. Gestión de proveedores: actualmente se dispone de una lista de proveedores aprobados, sin embargo, los mismos no son analizados y evaluados, según criterios técnicos o de adaptación a las necesidades de la ASADA. Los proveedores deben ofrecer propuestas de valor e innovación que beneficien el servicio de la ASADA y es vital que su elección responda a criterios como: precio, filantropía (en su cadena de valor), entrega inmediata (ante emergencias) y cercanía; la integración de estos criterios permite mantener una base más sólida y fiel de proveedores.

10. Plan de atención de riesgos: pese a ser un requisito fundamental de cualquier proceso de prestación de servicios, no se dispone de un plan de atención de riesgos.

11. Repuestos y equipos para la atención de emergencias: no se dispone de equipos de respaldo, por tanto, ante una falla en sistemas de bombeo o dosificadores de cloro el proceso se debe detener y esperar a conseguir una nueva unidad, o la reparación.

7.3.4. Gestión financiera

La articulación y operación financiera de la ASADA Suerre se diagnosticó según dos criterios primordiales: determinación de las tarifas y gestión de los pagos. La contemplación de estos criterios obedeció a su vinculación con criterios de medición y control vinculados con la legislación, o con el control de la demanda. De seguido se detallan los resultados del diagnóstico financiero:

1. **Tarifas:** la tarifa de cobro depende de la dictadura vigente en el pliego tarifario para acueductos rurales. (Ver cuadro 11).

Cuadro 11. Pliego tarifario.

Tarifa Base	Consumo (m³)	Precio (₡)
2250	0 - 10	120
	11 - 30	130
	31 - 60	150

Fuente: ASADA Suerre, 2017.

Las tarifas de los usuarios son diferenciadas entre consumo doméstico, empresarial o industrial. El cobro por instalación de una nueva prevista sigue las indicaciones de la ARESEP, se cobra también por instalación y mantenimiento de hidrantes.

El consumo mínimo para cada abonado es de 10m³ con un valor de ₡2,090.00. Para la conexión del servicio se establecen según el acabado de la calle, vía en asfalto representaría ₡99,870.00, vía en tierra ₡73,598.00 y vía en lastre ₡66,046.00.

Los usuarios pueden cancelar sus recibos en cualquier punto nacional que cuente con el sistema BN Servicios que ofrece el Banco Nacional de Costa Rica. La ASADA tiene un convenio con la empresa CISA S.A. quien le automatiza su gestión financiera (pago de los recibos, personas morosas, cantidad adeudada y meses de atraso, emisión de recibos, listado de abonados, cobro de corte y reconexión, tarifa de hidrantes, etc.).

Debido al estricto cumplimiento de corte del servicio de agua en caso de falta de pago y al eficiente sistema de cobro, la morosidad es baja (2,3%) y la ASADA cuenta con liquidez financiera, la cual es considerada como determinante en el desempeño de un organismo provisor de agua.

2. Gestión de pagos: los datos recolectados de la medición de los abonados (ver 7.3.3. Gestión Operativa/Micro medición) se ingresan al sistema de control con que cuenta actualmente la ASADA. Este, genera los recibos y estos se cobran únicamente por el Banco Nacional de Costa Rica (BNCR) mediante la herramienta: BN Servicio. BN Servicio está disponible para los clientes del BNCR desde su plataforma digital, o en establecimientos comunales.

8. Determinación y evaluación de los puntos críticos de control en el sistema de abastecimiento

Como primer punto en la evaluación, se desarrolló un esquema de la forma de operación actual de los sistemas de la ASADA Suerre. La ASADA se compone de dos sistemas, en la figura 6 se muestra la composición del sistema 1 y la figura 7 el sistema 2, iniciando en las captaciones, cada una conducida a los tanques de almacenamiento de los cuales posteriormente se realiza el proceso de distribución del agua.

Todas las unidades de los sistemas se evaluaron con la lista de chequeo diseñada para determinar los peligros existentes en el sistema (anexo 7) y se validaron las medidas de control implementadas para gestionar los riesgos. Durante la evaluación se excepcionó las tuberías de la red de distribución, ubicadas bajo la tierra y carreteras. Sin embargo, sí se realizaron inspecciones visuales en los tramos de tuberías visibles en las conexiones a los hogares distribuidos y en los sistemas, específicamente en: los tanques de almacenamiento y captaciones.

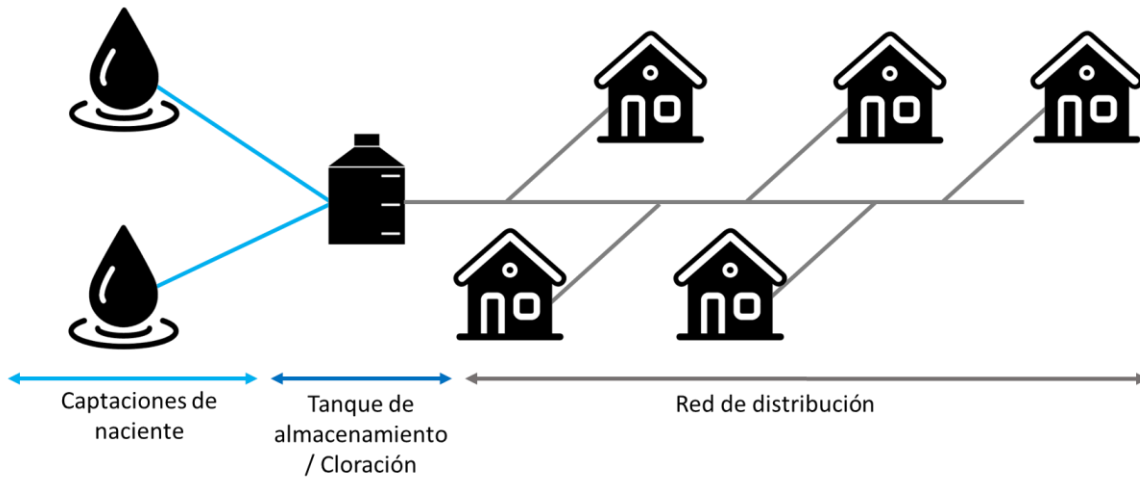


Figura 6. Esquema del sistema 1 de la ASADA Suerre

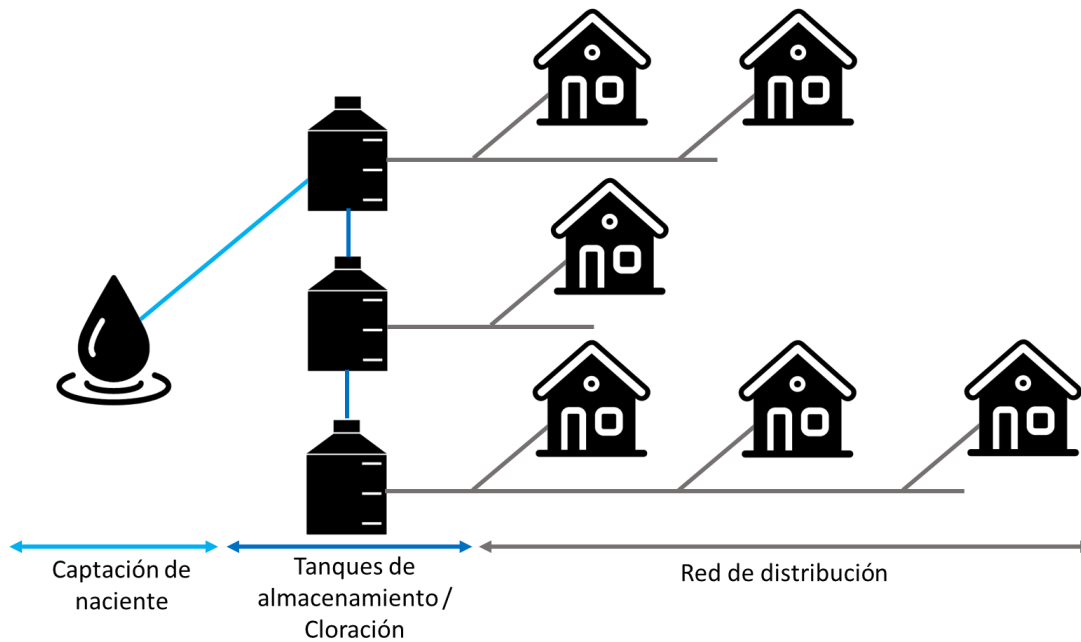


Figura 7. Esquema del sistema 2 de la ASADA Suerre

Como se aprecia en las figuras 6 y 7 los sistemas de distribución son disimiles entre sí y se componen de la siguiente manera:

- **Sistema 1:** captación de nacientes (F1-A y F1-B), tanque de almacenamiento y red de distribución.

- **Sistema 2:** captación de naciente, tanque de almacenamiento “Calle tablón”, tanque de almacenamiento “Calle 1”, tanque de almacenamiento “Calle 6” y red de distribución.

De seguido se detallan las características de cada unidad de los sistemas de distribución, así como la evaluación de cada sistema, la evaluación de las condiciones físico-químicas del agua abastecida, el cálculo de la demanda futura, la determinación de los PCC y la determinación de medidas de control.

8.1. Evaluación de las unidades de los sistemas de la ASADA Suerre

Se evaluó cada una de las unidades de los sistemas de abastecimiento: captaciones, tanques de almacenamiento y red de distribución.

8.1.1. Captaciones

La ASADA Suerre cuenta con dos sistemas de distribución, contando la primera con dos captaciones y la segunda solamente con una. De seguido se detallan:

- **Sistema 1:** se ubica 2km al sur de la Escuela de Suerre y a 60 m de la calle pública con acceso fácil a la fuente de agua. Las nacientes se denominan según la siguiente nomenclatura: **F1-A** y **F1-B**. El agua de ambas captaciones transita hasta el tanque de almacenamiento mediante la misma tubería (se homogeniza). Su producción es de 95L/s. El terreno donde se ubica la naciente es propiedad del INDER, está debidamente rotulado, cercado, y cuenta con un portón de hierro. El acceso es restringido y únicamente se puede realizar con la gestión previa de una solicitud a la junta directiva, los cuales facultan, o deniegan, el permiso.
- **Sistema 2:** se ubica 1.8 km al sur de Calle Seis Sur- Jiménez- Pococí. La naciente se denomina según la siguiente nomenclatura: **F2**. Su producción es de 103L/s. El terreno donde se ubica la naciente es propiedad del acueducto. Aunque no es de difícil de acceso, tiene una servidumbre de 1,829m desde la naciente hasta llegar a calle pública. Tiene una particularidad el encontrarse en la zona protectora de los acuíferos de Guácimo y Pococí. El acceso al público está limitado y fiscalizado al igual que las nacientes del sistema 1.

Las captaciones de los sistemas se ubican en fincas diferentes y las nacientes que componen el sistema 1 se ubican en la misma finca, con una distancia de separación de 20m. Los alrededores de ambas están cubiertos por cobertura boscosa y sus ubicaciones están debidamente rotuladas. En el cuadro 12 se detallan las coordenadas geográficas de las captaciones.

Cuadro 12. Coordenadas geográficas de las captaciones de la ASADA Suerre

Sistema		Latitud	Longitud
1	F1-A	10.1700	-83.7524
	F1-B	10.1700	-83.7492
2	F2	10.1370	-83.7682

Fuente: Elaboración propia, 2017

Los puntos de captación se ubican lejos de la concentración de viviendas de Suerre, lo cual ha favorecido las labores de control, monitoreo y gestión. Las fincas no están completamente cercadas, por tanto, sí es posible que entren transeúntes, empero, las infraestructuras de las captaciones de ambos sistemas se encuentran dentro de un perímetro circulado con malla, al cual solo tienen acceso las personas autorizadas por la ASADA.

Las captaciones poseen cumplimientos disímiles con los requisitos de la Ley Forestal (N°7575) y su artículo 33. Esta dicta que: las captaciones deben estar en un radio superior a los 100 metros medidos de forma horizontal protegidos desde la infraestructura que alberga cada una de las nacientes. En la figura 8 y 9, se presenta respectivamente la evidencia de cumplimiento de la superficie de protección de cada captación.

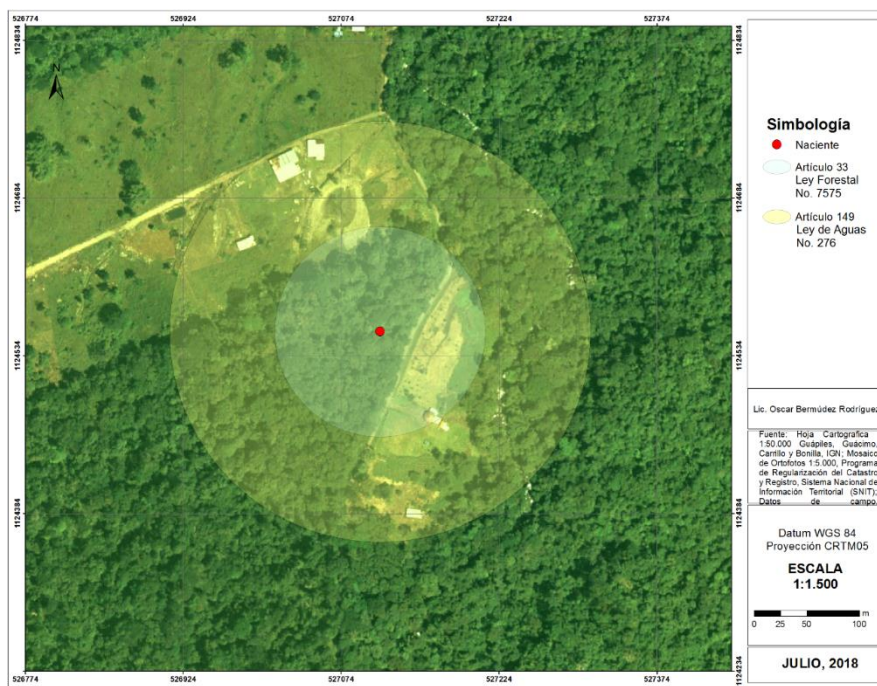


Figura 8. Cumplimiento del área de protección vinculante en la captación F1-A y F1-B, sistema 1



Figura 9. Cumplimiento del área de protección vinculante en la captación F2, sistema 2

La figura 8 evidencia que las captaciones del sistema 1 (F1-A y F1-B) están en completo incumplimiento con los requisitos de protección y que la captación del sistema 2 cumple a cabalidad con el requisito. Las captaciones del sistema 1 demandan del establecimiento de programas de manejo de uso forestal y la estimulación del crecimiento de cobertura forestal. En la captación del sistema 2 la cobertura forestal es inminente, siendo innecesario el establecimiento de planes de cobertura, sin embargo, sí se debe promover la protección de esta cobertura y mantener planes de acción en caso de ocurrir alguna actividad (natural o antropogénica) que pueda afectarla.

La ASADA Suerre no cuenta con la concesión de uso de agua para las captaciones de sus sistemas, requerida según la Ley del Agua (N°276), en el artículo 132 dicta que: las sociedades de usuarios (ASADAS y otros), una vez inscritas deberán obtener concesiones para el aprovechamiento de las aguas de conformidad con las prescripciones de la ley. Por tanto, la ASADA Suerre carece de un valor de explotación legal. La extracción de agua se realiza según la capacidad instalada y la demanda de los abonados. En el cuadro 13 se presenta la capacidad de producción de las captaciones (L/s), los valores de consumo actual (L/s) y el consumo de los abonados (L/Abonado).

Cuadro 13. Detalles de concesión y consumo de las captaciones

Sistema	Captación	Producción de Nacientes (L/s)		Consumo Actual 2017 (L/s)
Sistema 1	F1-A	70	237	218
	F1-B	167		
Sistema 2	F2	103	103	35

Fuente: Elaboración Propia, 2017

En el cuadro 13 se materializa una sobrecapacidad actual en cuanto al total de litros disponibles en las captaciones versus el total consumido por los abonados. Empero, en el sistema 1 la sobrecapacidad excede la demanda por un rango de 19 litros. El sistema 2, por su parte, contabiliza un excedente de 68L.

La captación de las nacientes trata de una estructura enterrada y debidamente protegida por una cámara de concreto. En el sistema 1 las cámaras están cercadas con malla ciclón y la fuente F1-A difiere de F1-B por constar de una estructura de techado. En el sistema 2 (F2) la cámara está cercada con malla ciclón. Las tapas de acceso e inspección de las nacientes son de metal, están pintadas color azul y cuentan con dispositivo de seguridad (candado metálico). Adicionalmente cada captación cuenta con un sistema de control de rebalse.

La limpieza externa e interna se realiza semanalmente, empero, en caso de considerarse necesario se incrementa la frecuencia de limpieza interna. La limpieza externa incluye labores de pintura y cualquier otra necesidad de mantenimiento que haya sido identificado por el personal de la ASADA. En el anexo 15 se presentan fotografías de las captaciones y su estado actual.

Como se evidencia en el anexo 15 y según resultados de la lista de chequeo las captaciones están en excelente estado, siendo posible descartar problemas de la estructura, tales como: herrumbre en tapas, acumulación de residuos sobre tapas, grietas en las obras de concreto, suciedad en los tubos de rebalse, mal diseño en los canales, o mal estado de la pintura.

Estas aseveraciones fueron comprobadas con la aplicación de la herramienta de evaluación diseñada para la cual se obtuvo un porcentaje de cumplimiento del 100% de los requisitos (ver anexo 16), respectivamente para las captaciones de ambos sistemas.

Es vital destacar que las estructuras de ambas captaciones denotan planificación y análisis por parte de la administración de la ASADA respecto a su ubicación y todos los detalles críticos en su ambiente inmediato previo a su construcción, generando el alto grado de conformidad en la evaluación.

No obstante, existen criterios que, pese a ser controlados y debidamente gestionados por el sistema, mantienen peligros latentes para las captaciones producto de impactos externos o indirectos de los criterios evaluados. Los peligros indirectos, o secundarios, detectados son:

- Agua estancada en los alrededores.

- Presencia de sistemas eléctricos sin la debida rotulación.
- Ausencia de sistema de control de incendios (cerca de la instalación eléctrica).
- Ausencia de control en el ingreso hacia la captación 1 del sistema dos.
- Carencia homogeneidad en los colores empleados para rotular y pintar las estructuras.
- Altitud y densidad de la vegetación en los alrededores de las captaciones.

Estos riesgos secundarios no son críticos, empero sí se considera importante se gestionen y planifiquen con la intención de evitar se generen inconvenientes en el futuro.

8.1.2. Tanques de Almacenamiento

La ASADA de Suerre cuenta con cuatro tanques de almacenamiento de agua. El sistema 1 cuenta con un tanque y el sistema 2 dispone de 3 tanques. En el cuadro 14 se detallan las coordenadas geográficas de los tanques.

Cuadro 14. Coordenadas geográficas de los tanques de almacenamiento de la ASADA Suerre

Sistema	Tanque	Latitud	Longitud
1	Tanque de Almacenamiento	10.1703°	-83.7526°
2	Tanque Calle Tablón	10.1859°	-83.7754°
	Tanque Calle 1	10.1877°	-83.7684°
	Tanque Calle 6	10.1661°	-83.7634°

Fuente: Elaboración propia, 2017

La ubicación de los tanques del sistema 2 obedece a la distribución de la población dotada por la ASADA, abasteciendo una mayor cantidad proyectada de abonados en una distribución superficial más amplia. Directamente vinculado a esta premisa está definido el tamaño de los tanques, siendo más grande los tanques que abastecen y abastecerán, una mayor población. En el cuadro 15 se presenta el volumen teórico de los tanques de la ASADA Suerre.

Cuadro 15. Volumen de almacenamiento de los tanques de ASADA Suerre

Sistema	Tanque	Volumen (m ³)
Sistema 1	Tanque de Almacenamiento	120
Sistema 2	Tanque Calle Tablón	100
	Tanque Calle 1	75
	Tanque Calle 6	200

Fuente: Elaboración propia, 2017

Los cuatro tanques poseen estructuras similares con ciertas diferencias. De seguido se detallan las características de los tanques y en el anexo 17 se compara la correspondencia entre las características de los tanques:

- **Sistema 1, Tanque de Almacenamiento:** se ubica aguas abajo de la captación, la estructura está semi-enterrada, color azul oscuro y tapas azules, la estructura es de cemento (paredes de bloques de cemento, varilla de construcción y cemento mezclado con arena), el ingreso de agua por la parte superior y la salida a la línea de conducción en la parte inferior, está rotulado, cuenta con cercamiento confeccionado con malla ciclón y reforzado en el borde superior con alambre de púas, las tuberías internas y externas son de PVC, toda la superficie externa del tanque está cubierta con losa, las tapas de acceso de inspección son de metal y cuentan con dispositivo de seguridad, el proceso de cloración se realiza mediante un clorador de pastillas, desde los bordes del tanque se extiende una cinta de concreto de 1m.

El volumen total con que el tanque cuenta actualmente es de 329.3 m³, para que cumpla con lo reglamentado por el AyA, lo que significa que el tanque que está construido actualmente cubre casi un 40% de lo requerido, ya que tiene una capacidad de 120m³. Esto deja en evidencia que el sistema de distribución cuenta con un serio problema de almacenamiento en la actualidad. Según González (2016) para una proyección a 20 años se requiere que el diseño para el año 2036 sea de 441,2 m³. Por lo que se necesita la construcción de un tanque

nuevo de almacenamiento en un corto plazo, con capacidad de almacenaje de 312m³ para poder suplir a la población de diseño de manera apropiada.

- **Sistema 2, Tanque Calle Tablón:** está a nivel de la superficie, color celeste con tapas celestes, la estructura es de cemento, el ingreso de agua se realiza por la parte superior y la línea de conducción en la parte inferior, no está rotulado, cuenta con cercamiento confeccionado en malla ciclón y reforzado con alambre de púas, las tuberías internas y externas son de PVC, posee tubería de purga y respiraderos, las tapas de acceso e inspección son de metal y cuentan con dispositivo de seguridad, el proceso de cloración se realiza con clorador de pastillas, carece de una cinta en los bordes del tanque.
- **Sistema 2, Tanque Calle 1:** está a nivel de la superficie, color celeste con tapas azules, el ingreso de agua se realiza por la parte superior y la línea de conducción en la parte inferior, no está rotulado, cuenta con cercamiento confeccionado en malla ciclón y reforzado con alambre de púas, las tuberías internas y externas son de PVC, posee tubería de purga y respiraderos, las tapas de acceso e inspección son de metal y cuentan con dispositivo de seguridad, el proceso de cloración se realiza con clorador de pastillas, carece de una cinta en los bordes del tanque.
- **Sistema 2, Tanque Calle 6:** está a nivel de la superficie, color celeste con tapas azules, el ingreso de agua se realiza por la parte superior y la línea de conducción en la parte inferior, está rotulado (logo de AyA), cuenta con cercamiento confeccionado en malla ciclón y reforzado con alambre de púas, las tuberías internas y externas son de PVC, posee tubería de purga y respiraderos, las tapas de acceso e inspección son de metal y cuentan con dispositivo de seguridad, el proceso de cloración se realiza con clorador de pastillas, desde los bordes del tanque se extiende una cinta de concreto de 1m.

La cloración, o como se le suele llamar: potabilización, se realiza a través de cloradores de pastillas. Las pastillas, o tabletas, se colocan en los dosificadores ubicados en las cápsulas en los tanques de almacenamiento y trabajan por el sistema de erosión, disolviéndose gradualmente mientras fluye una corriente de agua alrededor de ellas. Este proceso se realiza

mediante la aplicación de 5 a 6 pastillas diarias, las cuales se manipulan con precaución. (González, 2016). Durante la introducción de las pastillas el personal de la ASADA emplea máscaras y guantes.

Por la antigüedad de este acueducto construido en el año 1996 (sistema 1), hay usuarios que toman el servicio directamente de la red de distribución que proviene del tanque de captación. Por ese motivo el sistema de cloración está ubicado en la salida del tanque de captación y de ahí hacia el tanque de almacenamiento y a la población abastecida antes del mismo.

Todos los tanques reciben el mismo mantenimiento implementado por las cuadrillas operativas de la ASADA, estos realizan las labores de limpieza interna y externa semestralmente y en caso de resultar necesario se incrementa la frecuencia. Durante la limpieza se identifican necesidades de mantenimiento que se consideren necesarias para evitar futuros riesgos en la operación, o la atención de inconvenientes que se presenten puntuales (fugas en tuberías).

Adicionalmente las labores mensuales incluyen el mantenimiento de las zonas verdes que se encuentran anexas a los tanques y de todas aquellas que estén fuera del cercamiento, además de algún tipo de cobertura vegetal que esté afectando los controles de limpieza y operación del tanque y se disponga del visto bueno del propietario de la propiedad de interés para realizar los mantenimientos necesarios. En el anexo 18 se presentan fotografías de los tanques de almacenamiento y su estado actual.

En el anexo 18 se evidencia el muy buen estado del tanque del sistema 1 y el excelente estado de los tanques del sistema 2. Todos los tanques fueron evaluados con la intención de determinar su estado de cumplimiento en relación con los requisitos legales vinculantes consolidados en la herramienta de evaluación diseñada (ver anexo 6) y los resultados se presentan respectivamente para cada tanque en el anexo 19.

El porcentaje de cumplimiento promedio de los cuatro tanques es de 92,25% en términos de control de riesgos (ausencia), diseño estructural y operación actual. Los incumplimientos que originan las falencias del 7,75% de la evaluación se concentran en el

tanque de almacenamiento del sistema 1 (malla en mal estado y carencia de borde de cemento), en los tanques de calle 1 y calle tablón del sistema 2 (carencia de borde de cemento).

El tanque de almacenamiento del sistema 1 carece de un borde de concreto resultado de su longevidad ya que el tanque data del 1996 y para esa fecha aún no era un requisito. Adicionalmente, la falta de consideración como excelente del estado del tanque del sistema de almacenamiento 1 obedece a las siguientes razones identificadas durante la evaluación:

- a. La losa de las paredes del tanque pese a ser lavadas frecuentemente poseen manchas por el efecto de factores externos climáticos (lluvia, sol, viento) y presentan pequeños parches con crecimiento de musgo en algunas secciones.
- b. La malla que rodea el tanque está en mal estado (herrumbre y roturas).
- c. En toda la parte superior del tanque la losa se ha dañado y hay parches que carecen de losa.
- d. Las propiedades aledañas poseen vegetación con una significativa altitud (más de 3m) y densidad.
- e. Durante algunas visitas fue posible evidenciar que la cobertura vegetal anexa al tanque crecía descontroladamente y cubría el paso de tuberías y los bordes de la cerca.

En cuanto a los tanques del sistema 2, el tanque de Calle 1 y Calle Tablón, al igual que el tanque de almacenamiento del sistema 1, carecen de un borde de cemento alrededor del tanque. Dicha falencia fomenta que las paredes de los tanques se ensucien fácilmente y resulte más difícil su limpieza, así como permitir el alcance de la cobertura vegetal que pueda generar daños en los materiales del tanque (estructura, recubrimientos).

8.1.3. Línea de conducción y distribución

De cada sistema parte una red de distribución que distribuye el agua a los abonados, denominadas: distribución 1 (sistema 1) y distribución 2 (sistema 2). Las redes de distribución al igual que todas las unidades de los sistemas de la ASADA de Suerre son supervisadas, gestionadas y reguladas por el equipo responsable de cuadrillas del mantenimiento, creación de conexiones, control de consumos y la atención de los clientes.

La tubería utilizada en la línea de conducción y las redes de distribución son de PVC y algunos tramos pequeños de hierro. La tubería consta de varias redes, las cuales se encuentran distribuidas en los diferentes sectores abastecidos con dimensiones y longitudes diferentes, entre 1,50" y 2,50". La ASADA Suerre cuenta con más de 20,024m de tubería en la línea de conducción y las redes de distribución. En el anexo 20 se presenta la longitud y dimensión de las tuberías que conforman las redes de distribución.

Durante la evaluación de los sistemas de distribución se visitaron los registros o uniones de las tuberías, quiebra gradientes y las conexiones a hogares. Como resultado se identificó que la mayor parte de las uniones entre tuberías se hace a través de juntas mecánicas, independientemente del tipo del material de la tubería. En los registros y quiebra gradientes se determinaron buenas condiciones en las válvulas y accesorios.

Las redes de distribución son subterráneas con excepciones de red superficial en las conexiones a algunos hogares y en el sistema 1, donde las conducciones existentes entre la captación y el tanque de almacenamiento se hacen visibles al sobrepasar un cuerpo de agua. En los tramos de red del sistema 1 superficiales fue posible detectar algunos riesgos significativos por micro fugas, fugas y rupturas de tuberías (ver anexo 21).

Los quiebragradientes están en su totalidad rodeados por malla que limita su acceso, todas las tapas cuentan con sistemas de seguridad (candados), las tuberías de ingreso y salida están en buen estado y rotulados. Existe una diferencia estructural entre los quiebragradientes del sistema 1 y 2, contando las del sistema 1 con techo. Las estructuras son de concreto, tapas metálicas libres de herrumbre o desgastes y alrededores limpios.

Las conexiones son integralmente administradas por la ASADA, siendo esta la responsable de construir la base de ubicación de los hidrómetros, colocar el hidrómetro y realizar la conexión de la red de distribución, desde el cual el abonado se responsabiliza de preparar la conexión hasta su hogar. El control de consumo se lleva mediante el control de medida, según el total consumido (diferencia entre medidas) reportado en el hidrómetro entre dos fechas determinadas. En el anexo 22 se presentan fotografías que ejemplifican el estado de los quiebragradientes y las conexiones.

En cuanto a la potabilidad y grado de cloro residual presente en los abonados, el procedimiento no está documentado, por tanto, se realizó la consulta al personal responsable de la tarea. El procedimiento se realiza de la siguiente manera: diariamente se determina una segregación espacial que permita obtener 3 muestras del sistema de conducción y distribución. Consecuentemente se realizan tres pruebas, mediante el uso de un instrumento marca Lamotte (DC 1500), este permite conocer de forma electrónica cuál es el valor de cloro residual distribuida. El proceso y la muestra, no están fundamentados en criterios técnicos, que permitan aseverar la certeza de la prueba, o la representatividad de las pruebas, ante un escenario de un comportamiento anormal (cloro en mayor o menor concentración) no se tiene claro qué medida correctiva se debe aplicar.

El sistema de distribución se evaluó con la intención de determinar el estado general de cumplimiento de la operación en cuanto a la inocuidad durante el proceso de distribución y del control de la gestión del recurso del agua, así como los demás requisitos legales vinculantes consolidados en la herramienta de evaluación diseñada (ver anexo 23).

El estado de las líneas de conducción y red de distribución es bueno, con un 85% de cumplimiento del total de criterios evaluados (el sistema 1 tiene un cumplimiento de 77% y el sistema cumple en un 92%). Los incumplimientos radican en tres aspectos evaluados y se detallan a continuación:

- a. Fugas en la línea de conducción: durante la inspección la línea de conducción del sistema 1 (de la captación 1 al taque de almacenamiento) se observaron una gran cantidad de micro fugas y fugas en los tramos de tubería expuesta y carente de soporte (tuberías puenteadas sobre cuerpos de agua).
- b. Fugas en la red de distribución: en conexiones a hogares y tramos de tuberías del sistema 1 visibles se denotó que algunas tuberías presentan serias fugas e incluso rupturas semi parciales en la estructura del tubo, originando un alto grado de pérdida de presión y de agua.
- c. Calibración de hidrómetros: los hidrómetros del sistema 1 y 2 no se calibran debido al costo que este tipo de control metrológico implica, la carencia de proveedores en el territorio nacional que brinden el servicio y la dificultad de

realizar la calibración. Este criterio puede influenciar de forma negativa la medida del consumo reportada por los abonados y que adicionalmente se emplea como insumo en la estimación de la demanda actual, y futura, de la ASADA Suerre.

Los criterios de incumplimiento identificados se tratan de oportunidades de mejora que, pese a necesitar un plan de acción, es vital considerar que se éstos se ven afectados fácilmente por factores externos fuera del control de la ASADA Suerre. En cuanto a las fugas, estas son fácilmente provocadas por: eventos sísmicos, obras de construcción de los abonados, desarrollo de tareas de corta de cobertura vegetal, entre otros. Sobre los hidrómetros existen factores de capacidad técnica y económica que originan no sea posible su calibración, empero, la ASADA Suerre sí cuenta con los certificados de calibración de todos los hidrómetros que adquiere y coloca a sus abonados. Estos certificados son entregados por el proveedor y legitimados por laboratorios de calibración certificados.

8.2 Análisis físico-químico y microbiológicos

De seguido se detalla la evaluación realizada a los resultados cuantificables según el tipo de reporte de cumplimiento (Control Operacional, N1, N2 y N3) y la matriz de periodicidad de análisis (Ver anexo 24), ambas del Reglamento para la Calidad del Agua Potable (N°38924-S). Los resultados presentados son del sistema 1 de la ASADA Suerre. El sistema 2 no ha sido analizado, consecuentemente carece de un historial de resultados consultable.

8.2.1 Reporte de cumplimiento

Se evaluaron cada uno de los tipos de reporte de cumplimiento con la consulta bibliográfica de los resultados de los análisis realizados por la ASADA. El conglomerado de los resultados recopilados del 2015 al 2017 se presenta en el anexo 25.

a) Control Operacional: de seguido se detallan las evaluaciones de los parámetros de turbiedad, pH y cloro residual libre:

- i. Turbiedad:** el valor máximo para la turbiedad es de 5UNT, mismo valor que es reafirmado por la OMS (esta promueve que el valor “ideal” debe estar por debajo de 1UNT). Dicho valor no fue posible evaluarlo dado a la ausencia en todos los análisis de la ASADA Suerre de resultados de turbiedad. Ergo garantizar un agua visual e higiénicamente en cumplimiento no fue posible.

- ii. **Potencial de hidrógeno (pH):** el rango permisible para el potencial de hidrógeno es de 6.00 - 8.00. Durante el análisis de los resultados de la ASADA Suerre se logró determinar que este análisis se realizó entre el 2015 y el 2017 únicamente dos veces, distribuidas en el año de inicio y el año de finalización del lapso de estudio, careciendo de análisis para el año 2016. Durante el 2015 una muestra de las nacientes del sistema 1 presentó un valor de 6,2 (cumplimiento) y en el 2017 una muestra de las nacientes del sistema 1 la medición de pH fue de 7,57 (cumplimiento).
- iii. **Cloro residual libre:** el valor de alerta de cloro es de 0,3mg/L y el valor máximo admisible es de 0,6mg/L. Durante el período del 2015 al 2017 se realizaron 20 análisis de cloro residual en el sistema 1, distribuidos de la siguiente manera: 20% tanque de almacenamiento y 80% red de distribución. Un total de 5 incumplimientos se detectaron, resumidos en el cuadro 16.

Cuadro 16. Incumplimientos de los valores alerta y máximos de cloro residual del sistema 1 de la ASADA Suerre

Fecha Muestreo	Punto de Muestreo	Cloro residual libre (mg/L)	Incumplimiento Valor Alerta (Va)	Valor Máximo Admisible (VMA)
23/08/2015	Red	0.22	X	
20/12/2017	Tanque de Almacenamiento	0.75		X
20/12/2017	Red	0.68		X
20/12/2017	Red	0.90		X
20/12/2017	Red	1.00		X

Fuente: Elaboración propia, 2018

Durante los muestreos del año 2017 es posible evidenciar una incorrecta dosificación de cloro, superando en todos los puntos de la red muestreada el valor máximo

admisible. En el período del 2015 la concentración (0,22 mg/L) fue menor a la estipulada; para los análisis del 2017 en todas las ocasiones se excedió el valor máximo admisible.

b) N1 (Nivel primero): de seguido se detallan las evaluaciones de los parámetros de conductividad y microbiológicos.

i. Conductividad: el valor máximo permitido para la conductividad es de 400µS/cm. En la evaluación de la ASADA Suerre se encontraron resultados de los análisis realizados en el año 2015 y 2017. En el cuadro 17 se presentan los resultados de las evaluaciones citadas.

Cuadro 17. Análisis de conductividad del sistema 1 la ASADA Suerre

Fecha Muestreo	Punto de Muestreo	Conductividad (µS/cm)
3/2/2015	Captación F1-A y F1-B	209
5/5/2017	Captación F1-A y F1-B	185

Fuente: Elaboración propia, 2018

Los resultados del cuadro 17 evidencian el cumplimiento de la evaluación de conductividad para las captaciones del sistema 1 de la ASADA Suerre. Adicionalmente, fue posible determinar:

1. Los análisis de conductividad del sistema 1 se aplican únicamente en las captaciones, omitiendo el tanque de almacenamiento.
2. Los resultados no son comparaciones periódicas al no existir resultados de análisis de conductividad durante el año 2016.

No es posible garantizar un cumplimiento integral de la ASADA Suerre según los requisitos legales de la evaluación de conductividad.

ii. Análisis microbiológicos: los análisis microbiológicos dentro de la matriz frecuente de análisis de ASADA de Suerre presentan la mayor representatividad, con un total de 28 análisis entre el 2015 y el 2017. Los análisis microbiológicos

realizados son: Coliformes fecales y *Escherichia Coli*, ambos requisitos del “Reglamento para la calidad del agua potable”. Del total de análisis realizados mediante la metodología presuntiva o confirmativa de coliformes fecales durante el 2015 y 2017 se determinó presencia en las nacientes del sistema 1, siendo el valor mínimo de 1 (NMP/100mL) y el máximo de 36.4 (NMP/100mL) ambos durante el 2017. Los tanques de almacenamiento y puntos de la red de distribución analizados durante el lapso del 2015 al 2017 no presentaron incumplimiento de coliformes con más de 24 análisis en cumplimiento (ausencia de coliformes fecales).

El análisis de *E.Coli* evidenció un comportamiento idéntico de incumplimiento temporal y espacial a los análisis de Coliformes Fecales, con el valor de incumplimiento mínimo de 1UFC/mL en el 2015 y el máximo de 29,2UFC/mL en el 2017. Así mismo el cumplimiento durante el lapso del 2015 al 2017 se dio en más de 24 análisis.

c) N2 (Nivel segundo) y N3 (Nivel tercero): durante la evaluación se logró determinar que, del total de 25 de análisis químicos requeridos por ambos niveles, la ASADA Suerre cumple en el sistema 1 con 23 y para 2 se desconoce el cumplimiento, resultado de la ausencia de análisis de los criterios. En el cuadro 18 se presentan los resultados de los análisis de N2 y N3 para el sistema 1.

Cuadro 18. Resultados de los análisis de N2 y N3 del sistema 1 de la ASADA Suerre

Tipo de Reporte de Cumplimiento	Parámetro de Aceptabilidad	Unidad	Valor Alerta (Va)	Valor Máximo Admisible (VMA)	Resultado Muestreo*: Sistema 1
Nivel Segundo (N2)	Aluminio	mg/L		0,2	**
	Calcio	mg/L		100	16,4
	Cloruro	mg/L	25	250	3,53
	Cobre	mg/L	1	2	ND
	Dureza total	mg/L	300	400	66
	Fluoruro	mg/L		0,7-1,5	0,12
	Hierro	mg/L		0,3	ND

	Magnesio	mg/L	30	50	6
	Manganeso	mg/L	0,1	0,5	ND
	Potasio	mg/L		10	3,8
	Sodio	mg/L	25	200	7,2
	Sulfato	mg/L	25	250	31,96
	Zinc	mg/L	0,005	3	ND
Nivel Tercero (N3)	Amonio	mg/L		0,5	**
	Antimonio	mg/L		0,5	50
	Arsénico	mg/L		0,1	ND
	Cadmio	mg/L		0,003	ND
	Cianuro	mg/L		0,07	
	Cromo	mg/L		0,05	ND
	Mercurio	mg/L		0,001	ND
	Níquel	mg/L		0,02	ND
	Nitrato	mg/L	25	50	D
	Nitrito	mg/L		0,1	ND
	Plomo	mg/L		0,01	ND
	Selenio	mg/L		0,01	0,2

*Fecha de muestreo: 03/02/2015

**Parámetro no analizado

Fuente: Elaboración propia, 2018

Para el sistema 1 los análisis del control operacional N2 y N3 deben ser realizados nuevamente durante el año 2018 y se deberán incluir los análisis faltantes.

Los resultados de los análisis de calidad físico-químicos y microbiológicos del sistema 1 de la ASADA Suerre demuestran un rendimiento regular, debido a la presencia de incumplimientos recurrentes en los resultados microbiológicos y libre de cloro residual. Aunado a estos los incumplimientos citados, los demás se han presentado como casos puntuales que no han sido replicados en referencias o futuros análisis.

Del sistema 2 no fue posible caracterizar y estudiar la calidad del agua en la totalidad de la cadena de suministro (captación, tanques de almacenamiento, sistema de distribución) debido a la carencia de análisis.

8.2.2 Matriz de periodicidad

Según el Reglamento para la Calidad del Agua Potable (N°38924-S) todo ente operador de un sistema de suministro de agua está obligado a confeccionar reportes de calidad de agua potable y consecuentemente, a realizar los análisis según cada nivel y periodicidad establecida. Debido a la carencia de análisis para el sistema 2, los resultados evaluados son únicamente del sistema 1. En el anexo 26 se presenta la matriz de cumplimiento temporal de los análisis de la ASADA Suerre durante el lapso del 2015 al 2017 y en el cuadro 19 el porcentaje de cumplimiento anual por cada tipo de reporte.

Cuadro 19. Porcentaje de cumplimiento anual por tipo de reporte para el sistema 1 de la ASADA Suerre

Tipo de Reporte de Cumplimiento	Porcentaje de Cumplimiento Anual		
	2015	2016	2017
Control Operacional	15%	7%	8%
Nivel Primero (N1)	27%	20%	20%
Nivel Segundo (N2)	92%	NA	NA
Nivel Tercero (N3)	92%	NA	NA

Fuente: Elaboración propia. 2018

El promedio general de cumplimiento según el cuadro 19 es de 40% para el sistema 1 de la ASADA Suerre, evidenciándose una real carencia de cumplimiento de la confección de los análisis según la periodicidad requerida por la legislación vinculante y para el sistema 2 es de 0% de cumplimiento.

8.3. Cálculo de la demanda futura

El cálculo de la demanda recopiló y analizó la información del consumo actual de los abonados de la ASADA, los censos de crecimiento población del distrito de Jiménez (ubicación geográfica de la ASADA Suerre) y proyectó los comportamientos de demanda y oferta de la

ASADA Suerre para los próximos 25 años. De seguido se detalla la evaluación realizada a la oferta hídrica, el consumo actual del recurso hídrico y la proyección futura de la población.

8.3.1 Oferta hídrica

La ASADA Suerre cuenta únicamente con los valores del caudal aforado para cada una de las nacientes, resultando imposible calcular el caudal promedio, máximo y mínimo histórico para ambos sistemas. En el cuadro 20 se presentan los valores de producción anual para las tres nacientes de la ASADA.

Cuadro 20. Caudales y producción anual de las nacientes de la ASADA Suerre.

Sistema	Captación	Caudal (L/s)	Producción anual (m³)
Sistema 1	F1-A	70	72576
	F1-B	167	173146
Sistema 2	F2	103	106790

Fuente: Elaboración propia, 2018

En el cuadro 20 se aprecia que la capacidad de producción del sistema 2 es inferior a la producción del sistema 1. El sistema 1 tiene una producción anual de 245 722m³, resultado de la sumatoria de la producción anual de las dos captaciones que conforman el sistema 1. La oferta total anual de las captaciones de la ASADA Suerre es de: 352 513m³.

8.3.2 Consumo actual del recurso hídrico

Para determinar el consumo actual se calculó el consumo promedio mensual, el consumo total mensual y el indicador de dotación por abonado. En el anexo 27 se encuentran los datos del consumo total del año 2017 y del primer cuatrimestre del año 2018.

En el cuadro 21 se presenta la información de los consumos de la ASADA Suerre.

Cuadro 21. Consumo promedio mensual de la ASADA Suerre

Mes	Consumo Mensual Total (m3/mes)	Consumo promedio por abonado mensual (m3/mes*abonado)	Dotación Residencial (m3/hab*mes)*	Dotación Residencial (L/hab*día)*
ene-17	18706	17	4,37	143
feb-17	22686	21	5,31	174
mar-17	20106	19	4,70	154
abr-17	21057	20	4,92	161
may-17	23638	22	5,53	181
jun-17	20946	20	4,90	161
jul-17	22102	21	5,17	169
ago-17	26475	25	6,19	203
sep-17	23164	22	5,42	178
oct-17	22009	21	5,15	169
nov-17	25371	24	5,93	195
dic-17	19487	18	4,56	149
ene-18	24034	22	5,62	184
feb-18	21295	20	4,98	163
mar-18	22218	21	5,20	170
Promedio	22220	21	5,20	170
Mínimo	18706	17	4,37	143
Máximo	26475	25	6,19	203
Desviación Estándar	2115	2	0,49	16

*La dotación residencial se calculó con un promedio de 4 habitantes por abonado, dato obtenido de la aplicación de la encuesta estructura (ver anexo 1) por la cantidad de abonados (1062)

Fuente: Elaboración propia, 2018

En el cuadro 21 se presenta el resultado de la estimación del consumo promedio mensual de la ASADA Suerre de: 22 220 m³, con valores mínimos y máximos respectivamente de: 18 706 m³ y 2 6475 m³. Según el valor de la producción total de las captaciones de la ASADA Suerre (ver cuadro 20) el total de producción mensual disponible es de 29 673m³, con una diferencia comparada con el consumo promedio mensual de la ASADA de 7 453 m³, lo que implica que durante el 2017 se consumió el 79% del recurso hídrico disponible por la ASADA.

8.3.3 Proyección de la población futura

Para determinar el incremento de la población se emplearon los datos poblacionales de los censos del año 2000 y 2011 realizados por el INEC para el distrito de Jiménez, detallados en el cuadro 22 y posteriormente se extrapolaron con la población promedio actual servida por la ASADA Suerre.

Cuadro 22. Datos de la población del distrito de Jiménez

Año	Población (cantidad de habitantes)
2000	10 501
2011	13 133

Fuente: INEC, 2011

Aplicando los modelos matemáticos del anexo 6 se obtuvo la proyección de la población futura, se interpoló la población para el año 2017 y a partir de este se estimó el incremento de la población en un lapso de 25 años, utilizando un intervalo de 5 años entre cada proyección población. Los datos obtenidos para la proyección poblacional se detallan en el cuadro 23.

Cuadro 23. Datos de la proyección poblacional bajo el modelo aritmético, geométrico y exponencial para el distrito de Jiménez

Año	Población INEC (habitantes)	Método de Incremento Poblacional (habitantes)			
		Aritmético	Geométrico	Exponencial	Promedio
2000	10501	10501	10501	10501	10501
2011	13133	13133	13133	13133	13133

2017		14569	14837	14837	14748
2022		15765	16425	16425	16205
2027		16961	18182	18182	17775
2032		18158	20128	20128	19471
2037		19354	22282	22282	21306
2042		20550	24666	24666	23294

Fuente: Elaboración propia, 2018

En el cuadro 23 se puede observar que mediante el modelo geométrico y exponencial se obtuvieron los mismos datos de proyección poblacional, comportamiento validado por la teoría según Torres (2011) quien cita que estos modelos matemáticos tienden a parecerse en sus resultados. Los datos de la población para el año 2017 fueron de 14 569, 14 837 y 14 837; según los modelos aritmético, geométrico y exponencial respectivamente, con un promedio de población total entre los tres modelos de 14 748. Aunado a ello, con una proyección de 25 años a partir de la interpolación realizada del año 2017, se puede observar que para el año 2042 la población será de 20 550, 24 666 y 24 666 respectivamente según el modelo aritmético, geométrico y exponencial, con un promedio de población entre los tres modelos de 23 294 habitantes. El porcentaje de incremento poblacional proyectado promedio del 2000 al 2042 es de 12%.

Para el 2017 la ASADA Suerre contó con 1 062 abonados con un promedio de 4 habitantes por casa de habitación para un total de 4 248 habitantes abastecidos. Así, los habitantes de la ASADA representan el 28% del total de la población proyectada para el distrito de Jiménez para el año 2017. Asumiendo el promedio entre los tres modelos de incremento del 12% de la población a partir del año 2017, en 25 años la población abastecida por la ASADA Suerre incrementará en 509 habitantes, alcanzando un total de 613 abonados y 4 757 habitantes abastecidos.

8.3.4 Proyección de la demanda futura

Según el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) (2010) la dotación neta por habitante es de 125L/hab*día, y según el AyA (2016) la dotación neta para comunidades rurales es de 200L/hab*día. Para la estimación de la dotación bruta se

consideró que la dotación neta máxima del acueducto durante el año 2017 fue de 170L/hab*día (ver cuadro 23) y ante la carencia de datos de años previos se decidió utilizar una dotación neta de 200L/hab*día, siendo este el dato con mayor semejanza al valor real de la ASADA. Además, se empleó un porcentaje de pérdida del 25%, obteniendo una dotación bruta por día de 226L/hab*día.

Así, considerando la dotación bruta se determinó cuántos abonados requerirán ser abastecidos con la oferta de producción de la ASADA Suerre en los próximos 25 años. Para ello se empleó el valor de población proyectada de 4 757 habitantes con un consumo por día de 226L/día, para un consumo diario de 1 075 082 L. Por tanto, para el 2042 la ASADA requerirá 32 790 m³/mes para dotar a la población proyectada. La producción anual de la ASADA es de 352 512 m³ y para el 2042 se necesitará 393 480 m³, existiendo un déficit de 40 968 m³.

La ASADA Suerre no cuenta con la capacidad de abastecer en 25 años la población proyectada que necesitará la dotación de agua. Será necesario implementar medidas de gestión de riesgo que permitan a la administración tomar medidas preventivas para optimizar el uso integral de los abonados, la protección de las captaciones y la gestión de las fugas en el sistema de distribución, así como, monitorear las proyecciones de la demanda anualmente para planificar la implementación de las medidas preventivas.

8.4. Evaluación del peligro, caracterización del riesgo y determinación de PCC

Resultado de la evaluación integral de las captaciones, tanques de almacenamiento y línea de distribución y conducción, así como la evaluación microbiológica y físico química y la determinación de la demanda hídrica de la ASADA; se determinaron los agentes técnicos y estructurales que pueden afectar la operación de los sistemas, consecuentemente, la calidad del agua abastecida y del servicio. Estos agentes, es decir: peligros, se caracterizaron según su probabilidad de ocurrencia durante la operación diaria y normal de la ASADA, ante la ocurrencia de fenómenos naturales perturbadores que pueden potencialmente ser: dañinos, de cierta intensidad y durante períodos determinados.

Adicionalmente resultado del diagnóstico, se determinaron requisitos legales y principios administrativos básicos que, directamente no representan un peligro, pero sí

mantienen una latencia que puede acarrear en la generación de peligros que pueden ser considerados PCC.

En el cuadro 24 se presentan:

- Todas las oportunidades de mejora de la ASADA Suerre que necesitan medidas de control para prevenir o eliminar peligros y así reducir su vulnerabilidad y probabilidad de ocurrencia, evaluadas según su probabilidad y gravedad.
- Determinación de los PC y PCC

Cuadro 24. Evaluación de riesgos y determinación de PCC de la ASADA Suerre

Sistema	Componente del Sistema de Abastecimiento	Evento peligroso	Peligro asociado	Clasificación del peligro	Probabilidad	Gravedad	Nivel de riesgo	Color	PCC / PC
Sistema 1	Captación (Captación F1-A y F1-B)	Incumplimiento de la cobertura forestal según radio de protección.	Reducción de la capacidad de almacenaje y filtración de agua.	Físico	3	2	6		PC
									PC
Sistema 1 y 2	Captaciones	Interrupción al suministro eléctrico	Suministro de agua.	Físico	3	2	6		PC
Sistema 1 y 2	Captaciones	Efectos de eventos naturales (deslizamientos, tormentas, temblores, otros).	Suministro de agua.	Físico	1	5	5		PC

Sistema 1 y 2	Captaciones	Desarrollo Urbanístico	Suministro de agua.	Físico	1	4	4		PC
Sistema 1 y 2	Captaciones	Ingreso de maleza o sedimentos.	Problemas de inocuidad.	Microbiológico	2	3	6		PC
Sistema 1 y 2	Captaciones	Vandalismo a la infraestructura.	Daños infraestructurales.	Físico	2	3	6		PC
Sistema 1	Tanque de Almacenamiento	Estructura externa en mal estado con parches carentes de losa y losa quebrada.	Daños infraestructurales.	Físico	3	2	6		PC
			Problemas de inocuidad.	Microbiológico	2	2	4		PC
	Tanque de almacenamiento	Las paredes del tanque poseen crecimiento de cobertura vegetal (lana y musgo).	Daños infraestructurales.	Físico	4	2	8		PC
			Problemas de inocuidad.	Microbiológico	2	2	4		PC

	Tanque de almacenamiento	El tanque carece de un borde de concreto que delimite las paredes de la propiedad de ubicación.	Daños infraestructurales.	Físico	3	2	6		PC
			Problemas de inocuidad.	Microbiológico	2	2	4		PC
	Tanque de almacenamiento	Los alrededores del tanque presentan crecimiento de cobertura vegetal que se sobrepone ante las cajas de registro.	Daños infraestructurales.	Físico	3	2	6		PC
			Problemas de inocuidad.	Microbiológico	2	2	4		PC
	Tanque de almacenamiento	Anexo a la ubicación del tanque el	Daños infraestructurales.	Físico	3	2	6		PC

		crecimiento forestal con gran altitud.	Problemas de inocuidad.	Microbiológico	2	2	4		PC
	Tanque de Almacenamiento	La malla que protege la losa se encuentra herrumbrada en algunas secciones y cubierta con vegetación.	Daños infraestructurales.	Físico	3	2	6		PC
Sistema 2	Tanque de Almacenamiento (Calle 1)	El tanque carece de un borde en concreto que delimite las paredes de la propiedad de ubicación.	Daños infraestructurales.	Físico	3	2	6		PC
			Problemas de inocuidad.	Microbiológico	3	2	6		PC

Sistema 2	Tanque de Almacenamiento (Calle tablón)	El tanque carece de un borde en concreto que delimite las paredes de la propiedad de ubicación.	Daños infraestructurales.	Físico	3	2	6		PC
			Problemas de inocuidad.	Microbiológico	3	2	6		PC
Sistema 1 y 2	Tanques de Almacenamiento	Dosificación inexacta de cloro.	Calidad del agua.	Químico	3	4	12		PC C
Sistema 1 y 2	Tanques de Almacenamiento	Efectos de eventos naturales (deslizamientos, tormentas, temblores, otros).	Suministro de agua.	Físico	3	3	9		PC
Sistema 1 y 2	Tanques de Almacenamiento	Averías o funcionamiento deficiente de los	Problemas de inocuidad.	Microbiológico	3	3	9		PC

		sistemas de desinfección							
Sistema 1	Línea de conducción y red distribución	En múltiples segmentos de tubería se evidenciaron fugas con pérdidas significativas.	Problemas de inocuidad.	Microbiológico	3	3	9		PC
	Línea de conducción y red distribución	Algunas conexiones de la red a los hogares abastecidos presentan microfugas en las tuberías.	Pérdidas de agua.	Físico	4	2	8		PC
Sistema 1 y 2	Línea de conducción y red distribución	Los hidrómetros instalados y por instalar no poseen un	Control de consumo y demanda.	Físico	2	2	4		PC

		control metrológico.							
Sistema 1 y 2	Línea de conducción y red distribución	Efectos de eventos naturales (deslizamientos, tormentas, temblores, otros).	Daños infraestructu- rales.	Físico	3	2	6		PC
Sistema 1 y 2	Administración	Avería de sistemas de bombeo.	Suministro de agua.	Físico	4	2	8		PC
Sistema 1 y 2	Administración	Falta de capacidad para solventar la demanda proyectada.	Suministro de agua.	NA	3	4	12		PC C
Sistema 1 y 2	Administración	Control de calidad microbiológica y físico-química	Calidad del agua.	Físico	4	3	12		PC C
				Microbiológico	4	3	12		PC C

		del servicio brindado por la ASADA.							
--	--	---	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2018.

El cuadro 24 presenta un total 24 eventos peligrosos resultados de la evaluación de la ASADA Suerre, distribuidos de la siguiente manera: 25% captaciones, 46% tanques de almacenamiento, 17% línea de conducción y red de distribución y 13% administración del sistema. El total de eventos peligrosos se segregó por la clasificación en 28 riesgos (algunos eventos peligrosos aplican en dos clasificaciones): 8 bajo, 20 medio y 4 altos. Finalmente, se detectaron 3 PCC, estando estos directamente relacionados con los riesgos clasificados “altos”.

Los resultados del cuadro 24 evidencian el buen estado de las instalaciones de la ASADA Suerre, donde el trabajo realizado en la gestión diaria, la prevención actual de riesgos y la planificación de las obras y abastecimiento, han permitido a la administración dotar de un servicio y producto en destacables condiciones de calidad, potabilidad e inocuidad. Los PCC detectados obedecen a incumplimiento de requisitos legales y a la necesidad del accionar de medidas para satisfacer la proyección de la demanda hídrica de la población.

Los riesgos altos y PCC, determinados en los sistemas de la ASADA Suerre requieren priorización en su gestión y la aplicación de medidas correctivas para lograr la reducción del riesgo. En el cuadro 25 se proponen medidas de control y los límites críticos de control para los PCC identificados en el cuadro 24.

Cuadro 25. Medidas de control y límites críticos de control (LCC) de los PCC de la ASADA Suerre.

Sistema	Componente del Sistema de Abastecimiento	Evento Peligroso	Medida de Control	Límite crítico de control (LCC)
Sistema 1 y 2	Tanques de Almacenamiento	Dosificación inexacta de cloro.	Cambiar el sistema de desinfección por un equipo automatizado y con dosificación graduada de cloro.	Cumplimiento del Valor Alerta de 0.3mg/L de Cloro Residual Libre en los análisis requeridos según el Anexo 24.
Sistema 1 y 2	Administración	Falta de capacidad para solventar la demanda proyectada.	Cambio de tuberías en el sector hidráulico, monitoreo constante para inspeccionar la situación física de la red de distribución, planificar la construcción nuevos tanques de almacenamiento.	Funcionamiento en óptimas condiciones.
			Creación de campañas de concientización de la demanda de consumo y la necesidad de realizar una gestión integrada del recurso y estrategias de capacitación en educación ambiental.	Reducción del consumo per cápita de agua (m ³ /hab*mes).
Sistema 1 y 2	Administración	Control de calidad microbiológica y físico-química del servicio	Realizar los análisis vinculantes respectivos según la periodicidad establecida en la legislación nacional para ambos sistemas.	Cumplimiento al 100% de la Matriz de Periodicidad de análisis (Anexo 24).

		brindado por la ASADA.		
--	--	---------------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2018

El cuadro 25 evidencia que las medidas por implementar para alcanzar los límites críticos de consisten en el análisis y reporte constante y necesario, según los requisitos legales de la ASADA, así como oportunidades de automatización de procesos y la interacción directa con los abonados con la intención de promover una gestión integral y que asegure el máximo aprovechamiento de los recursos, con la intención de garantizar un consumo sostenible y que se ajuste a las proyecciones del crecimiento de población y su consecuente demanda.

9. Planificación de estrategias, medidas de control y tecnologías limpias para la eliminación o minimización de los peligros

La ASADA Suerre posee la necesidad de implementar una estrategia que le permita, con la diversificación de tecnologías, construir un sistema de gestión de riesgos para optimizar la calidad del servicio y del producto abastecido a la comunidad, en el marco de una sociedad en desarrollo, ontológicamente caracterizada con un potencial al incremento de la demanda del consumo de agua, en comunidades caracterizadas por la construcción cotidiana de nuevas demandas a partir de los sistemas naturales, en un modelo de producción insostenible.

El escenario del agua ha sido el debate de discurso de múltiples organizaciones y estados, recalándose y concluyéndose de toda la misma premisa: el agua debe gestionarse y consumirse de forma sostenible. Adicionalmente, la ASADA debe garantizar una alta calidad de su agua, es decir: libre de patógenos, sustancias químicas, impurezas, y cualquier otro contaminante que puede originar, o causar, problemas a la salud. En la ASADA Suerre fue posible identificar que la operación, el mantenimiento y la continuidad de los servicios, proyectan un justo cumplimiento, produciendo resultados de satisfacción en sus usuarios en los dos sistemas de distribución de la asociación.

No obstante, la ASADA posee significativas oportunidades de mejora, razón que conduce a la construcción de una propuesta de Plan de Seguridad de Agua, siendo esta una tecnología de gestión orientada al suministro de agua de calidad, basado en una estructura con barreras multisectoriales compuestas por análisis de peligros, puntos críticos de control, estrategias de seguimiento y verificación y acercamientos sistemáticos de la gestión del riesgo.

El objetivo de la presente propuesta de Plan de Seguridad del Agua (PSA) será fortalecer la gestión administrativa, estructural, operativa y legal de la ASADA de Suerre, con el fin de mejorar las condiciones de los sistemas de abastecimiento para consumo humano, con el fin de lograr un servicio integral, la satisfacción de los clientes y la gestión sostenible del recurso hídrico. De seguido se detalla la propuesta del PSA, así como la estrategia de seguimiento y verificación.

9.1 Propuesta del PSA

El plan se constituye de cuatro ejes de acción que recopilan los PCC, así como las demás oportunidades de mejora que fueron determinadas durante la evaluación de los sistemas de la ASADA Suerre. Los ejes de acción propuestos son: legal, operativo, estructural y administrativo.

De seguido se establece la programación con las actividades por implementar para los ejes de acción. La programación establece las principales tareas por desarrollar y los tiempos en los que se deben cumplir.

9.1.1 Programación Legal

Los múltiples requisitos legales vinculantes con la operación de la ASADA requieren la implementación de medidas de seguimiento, tramitologías de permisos, entrega de reportes, entre otros. En el cuadro 26 se presenta la programación de las principales tareas legales por desarrollar.

Cuadro 26. Programación Legal de la ASADA Suerre

Área	Legal		
Objetivo	Cumplir con la totalidad de requisitos legales vinculantes para la toda la cadena de valor de la ASADA Suerre.		
Meta	Cumplir con el 100% de los requisitos legales vinculantes.		
ACTIVIDAD	INDICADORES	RESPONSABLE	TIEMPO
Crear un registro de control de requisitos legales para la ASADA Suerre.	Aprobación del registro.	Administración	2 meses
Crear un registro de control periódico de los permisos y reportes legales.	Aprobación del registro.	Administración	2 meses
Tramitar el Permiso Sanitario de Funcionamiento ante el Ministerio de Salud para las Oficinas Administrativas.	Permiso Sanitario de Funcionamiento.	Administración	1 mes
Solicitar la concesión de agua para abastecimiento humano ante la Dirección de Agua del Ministerio de Salud.	Documento elaborado sobre propuestas.	Administración	2 meses
Presentar semestralmente el reporte de calidad de	Firma de recepción del reporte.	Administración	Semestral

Fuente: Elaboración propia, 2018

agua al Ministerio de Salud (según los requisitos del anexo 24)			
Realizar muestreos mensuales de los parámetros de control operacional según Reglamento para la Calidad del Agua Potable (N°38924-S).	Resultados de análisis	Administración	Mensual
Diseñar una estrategia de reforestación y protección a la zona circundante a la captación del sistema 1.	Inspección espacial.	Administración Alianza con actores (MINAE, Ministerio de Salud, Municipalidad, propietarios privados)	6 meses

Alcanzar un cumplimiento a cabalidad de todos los requisitos legales aplicables a la ASADA, permitirá mejorar la detección de oportunidades de mejora en cuanto a la calidad del agua y la consecuente implementación de medidas correctivas en la mayor brevedad. Los permisos carentes para la ASADA pueden conllevar el cierre de la operación. El tiempo propuesto es específico para la actividad descrita, ergo la implementación de las medidas de la actividad podrá tener plazos más extensos, según lo considere la ASADA Suerre.

9.1.2 Programación Operativa

Las labores operativas de la ASADA constituyen un factor primordial en labores como: la gestión temprana y eficiente de las fugas, la implementación de nuevas conexiones, la dosificación de cloro, entre otras. En el cuadro 27 se presentan una serie de actividades propuestas a ser implementadas en la ASADA Suerre en con el ímpetu de mejora la gestión operativa.

Cuadro 27. Programación Operativa

Área	Operativa		
Objetivo	Mejorar el desempeño de las tareas de control y seguimiento operativo realizadas por las cuadrillas de la ASADA.		
Meta	Aplicación del total de actividades.		
ACTIVIDAD	INDICADORES	RESPONSABLE	TIEMPO
Monitorear constantemente mediante recorridos la situación física de la red.	Número de recorridos.	Cuadrilla	Mensual
Monitorear los caudales de las nacientes mediante aforos.	Número de aforos.	Cuadrilla	Trimestral
Monitorear las dosificaciones de cloro y registrar los datos de manera permanente.	Registro de dosificaciones.	Cuadrilla	Semanal
Capacitar al personal de las cuadrillas sobre hojas de seguridad (MSDS) y la correcta manipulación de productos químicos.	Registro de capacitación.	Administración	Anual
Impartir capacitación sobre metodologías de gestión de inventarios y materias primas al personal de cuadrillas.	Registro de capacitación.	Administración	Anual
Diseñar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de las estructuras de los sistemas de abastecimiento.	Aprobación del plan.	Administración	Anual

Incrementar la vigilancia del sistema en obras en construcción, mantener los registros y conexiones con candados en las tapas.	Registro control de actividades vandálicas.	Cuadrillas	Mensual
Diseñar una aplicación para celular para registro digital a las cuadrillas de la información de los registros de seguimiento.	Registros en aplicación.	Administración	12 meses
Adquirir GPS y documentar todos los puntos donde se realizan reparaciones de fugas o cambios en trayectos de tuberías.	Registro de cambios en tuberías.	Administración	12 meses

Fuente: Elaboración propia, 2018

Las capacitaciones propuestas en el cuadro 27 se deberán desarrollar mediante formas que garanticen no se afecte la jornada laboral de las cuadrillas, es decir: que les permita estar con una completa disposición al momento de la capacitación y que, no se pierda el control operativo de la ASADA. Se recomienda el uso de capacitaciones en línea, o metodologías “e-learning”. Adicionalmente, con la intención de digitalizar y llevar un mejor registro de la ejecución de labores se propone de aplicación de dos tecnologías que permitirán a la ASADA tener un mejor control de sus actividades operativas:

- i. Diseño de una aplicación: para el diseño de la aplicación será recomendable dotar por parte de la ASADA los teléfonos que usen la cuadrilla, así se podrá seleccionar el tipo de sistema operativo de las unidades, y consecuentemente con el que operará la aplicación. Se propone que la aplicación ofrezca un registro digital de todas las variables de monitoreo que realizan los operarios (reporte de fugas, reparación de fugas, dosificación de cloro, inspecciones de las tuberías, gestión de inventarios en bodegas) y que la información se almacene en una

base de datos que se pueda consultar desde en línea desde cualquier tipo de equipo (teléfono móvil, computadora, entre otros).

- ii. Adquisición de Sistema de Posicionamiento Global (SPG): los SPG se emplearán como herramientas de planificación y monitoreo de las mejoras en la red, así como, la documentación y seguimiento de la reparación de las fugas. Se propone que cada cuadrilla tenga un GPS, con éste, cada zona donde realicen trabajos de cambio de tuberías (por renovación o por corrección de rupturas) y cada fuga (o micro fuga) que se repare, se geo referencie permitiendo a la ASADA documentar temporal y espacialmente las zonas donde se han realizado trabajos. El registro permitirá a la ASADA tener valores como el porcentaje de cambio de tubería anual, el indicador de reparación de fugas por sistema, la recurrencia de fugas (en aquellos casos donde una misma fuga se repara múltiples ocasiones en un año); éstos indicadores permitirán tomar medidas correctivas y gestionar con mejor fundamento la planificación anual de las actividades operativas.

9.1.3 Programación Estructural

La programación estructural tiene como objetivo mejorar la planificación e identificación de las necesidades de mantenimiento de la ASADA, basado en los resultados obtenidos en las evaluaciones e inspecciones realizadas para la identificación de los PCC: Además, los PCC de control son incluidos, así como criterios adicionales que se consideran necesarios considerar para las estructuras de la ASADA Suerre.

En el cuadro 28 se presentan las actividades propuestas para la programación estructural.

Cuadro 28. Programación estructural

Área	Estructural		
Objetivo	Asegurar la infraestructura de los todas las unidades de la cadena de suministro de la ASADA para garantizar una calidad de agua adecuada a los abonados.		
Meta	Aplicación del total de actividades.		
ACTIVIDAD	INDICADORES	RESPONSABLE	TIEMPO

Cambiar el sistema de desinfección por un equipo automatizado y con dosificación constante.	Cambio del sistema.	Administración	6 meses
Revisar y dar mantenimiento periódico a los equipos de bombeo de los sistemas de captación.	Registro de mantenimiento.	Administración	Semestral
Mantener las labores de limpieza de agentes contaminantes que puedan afectar las estructuras de las captaciones (hojas, maleza, entre otros).	Registro de mantenimiento.	Administración	Mensual
Realizar el mantenimiento de las válvulas.	Registro de mantenimiento.	Administración	Semestral
Estandarizar las rotulaciones de las estructuras de los sistemas e indicar el uso del agua para consumo humano.	Fotografía de cambios rotulaciones.	Administración	12 meses
Dar mantenimiento (pintura o reparación de loza) a las coberturas de los tanques de almacenamiento.	Registro de mantenimiento.	Administración	12 meses
Construir un borde de concreto en los tanques que carecen para así evitar la generación de grietas en el	Registro de mantenimiento.	Administración	12 meses

Fuente: Elaboración propia, 2018

tanque y el acceso al crecimiento de maleza.			
Realizar inspecciones de la cobertura forestal colindante con las estructuras de los sistemas de la ASADA y coordinar con el MINAE y Municipalidad gestionar los riesgos que se identifiquen.	Registro de monitoreo.	Administración	Semestral
Dar mantenimiento (pintura y soldado) a las mallas que protegen los tanques de almacenamiento.	Registro de mantenimiento.	Administración	Semestral
Adquirir y colocar macromedidores en los tanques de almacenamiento.	Cantidad de macromedidores.	Administración	48 meses
Establecer puntos de redesinfección según dicta el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.	Plan de redesinfección.	Administración	Anual
Incorporar sistemas de corte de suministro en puntos clave para el desarrollo de mantenimientos y la atención de eventos fortuitos.	Plano con detalle de sistemas de corte	Administración	12 meses
Evaluar el estado de las conexiones de la red de	Registro de mantenimiento.	Administración	Anual

distribución y realizar el cambio en el sector hidráulico que se considere necesario.			
Realizar muestreos de calibración de los equipos de medición instalados en los abonados.	Informe de calibración.	Administración	Semestral

En total se proponen 13 actividades que garantizarán una mejora sustancial en la gestión de las estructuras de las ASADA Suerre. Se incluye la implementación de la macro medición en los tanques de almacenamiento, siendo esta una tecnología que permite desarrollar estudios de consumo y análisis (financieros, ambientales, sociales) con juicios más certeros ante la toma de decisiones de ampliaciones en los sistemas de abastecimiento, así, resultará más certero la selección de las alternativas indicadas, y generando beneficios como la reducción de las fugas y desperdicios en los sistemas. Adicionalmente según Arce (2015) otros beneficios de la macro medición son:

- Determinar los volúmenes y caudales de agua entregados en los sectores de producción y comparar la disponibilidad con la demanda de agua.
- Determinar los volúmenes de agua no facturados, fugas y tomas ilegales.
- Desarrollar programas para reducir costos.
- Obtener la dotación per-cápita real de los sistemas y distintos sectores de abastecimiento de agua.
- Obtener las presiones y niveles de agua en puntos significativos de los sistemas de abastecimiento.
- Planear y ejecutar los programas de mantenimiento preventivo y correctivo de conductos, redes, instalaciones electromecánicas y plantas de tratamiento.
- Evaluar las condiciones hidráulicas reales de un sector.
- Evaluar el sistema de micro medición existente.
- Planear e implantar programas de micro medición.

- Formular, implantar y controlar las políticas de comercialización (sistemas de pagos, unidad de cobro, entre otros).

La implementación de las actividades citadas para el eje estructural se implementará según la planificación de la ASADA, donde se deberá priorizar todas aquellas que estén directamente vinculadas con los PCC en la mayor brevedad. Particularmente la dosificación de cloro se propone se dosifique mediante un sistema que base la dosis según el caudal de demanda, empleando dosificadores digitales y sensores de las tuberías que permitan garantizar se logre de forma constante el resultado de 0.3mg/L según el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

Como tecnología de tratamiento se propone la implementación de un sistema de filtros de múltiples etapas. Este consiste en la combinación de procesos de filtración gruesa en grava y filtros lentos de arena, con la finalidad de obtener un afluente de calidad. El sistema de filtros se propone se instale antes de los tanques de almacenamiento, previo a los sistemas de cloración. Dicha medida permitirá asegurar la ausencia de sólidos que puedan afectar los procesos de oxidación del agua durante la aplicación del desinfectante. Es vital recalcar que se necesita la confección de análisis de turbiedad y sólidos disueltos para determinar qué tamaño de filtro se ajusta mejor según las características del agua de la ASADA Suerre. Para efectos de la presente propuesta no fue posible puntualizar el tipo de filtro debido a la carencia de la información de turbiedad para ambos sistemas.

9.1.4 Programación administrativa

La administración de la ASADA tiene un papel fundamental en la planificación, donde medidas como la gestión documental, la comunicación con los abonados, la creación de una red de alianza con otras organizaciones, entre otras, permitirá a la ASADA asegurar el cumplimiento de sus objetivos.

En el cuadro 29 se presentan las actividades propuestas para la programación administrativa.

Cuadro 29. Programación administrativa

Fuente: Elaboración propia, 2018

Área	Administrativa		
Objetivo	Asegurar la infraestructura de las todas las unidades de la cadena de suministro de la ASADA para garantizar una calidad de agua adecuada a los abonados.		
Meta	Aplicación del total de actividades.		
ACTIVIDAD	INDICADORES	RESPONSABLE	TIEMPO
Elaboración de manuales de operación, revisión y procedimientos para llevar a cabo todas las actividades del sistema.	Aprobación de documentos.	Administración	6 meses
Crear un comité de gestión, seguimiento de implementación del PSA.	Conformación del comité.	Administración	2 meses
Preparar y difundir un plan de concientización sobre el uso integral del recurso hídrico por los abonados.	Cantidad de personas.	Administración	Semestral
Mantener una revisión periódica de los pronunciamientos de la ARESEP sobre las tarifas del agua para consumo humano.	Minuta de revisión.	Administración	Semestral
Aplicar la herramienta SERSA en todas las unidades de la cadena de suministro de la ASADA.	Resultados evaluación.	Administración	Semestral
Diseñar un plan de gestión de demanda hídrica según	Plan de gestión de demanda.	Administración	Anual

el comportamiento de crecimiento de la población y de las conexiones de abonados nuevas.			
Crear alianzas con actores ambientales, sociales y administrativos de la zona para el desarrollo de planificación de las demandas y proyecciones de crecimiento de la población.	Plan de desarrollo de habitacional.	Administración	24 meses
Realización de exámenes periódicos del PSA	Documento actualizado	Comité de PSA	12 meses

La administración de la ASADA como actor mayoritario es el principal responsable de todas las medidas del plan administrativo. Las actividades propuestas son medidas de optimización de la gestión actual, que permitirán desarrollar un mejor gerenciamiento del sistema. Adicionalmente y en orden con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (OMS, 2015), se propone la generación de alianzas con diferentes actores comunitarios que estén vinculados con el desarrollo humano, social y ambiental de la zona de Suerre, con el objetivo de crear un plan de desarrollo habitacional que contemple y permita visualizar el comportamiento actual de la demanda de agua y la capacidad de la ASADA para solventar las proyecciones de crecimiento futuro, permitiendo la toma de decisiones preventivas de control de forma intersectorial.

9.2 Programa de Comunicación

Un componente trascendental del PSA es la comunicación. La comunicación es organización y la organización es comunicación, así, lograr los resultados propuestos conlleva la construcción de un modelo de comunicación que organice y se traduzca en un modelo de soporte operativo, legal, estructural y administrativo de la ASADA. La comunicación propuesta se estructura como un promotor al desarrollo, entendiendo los problemas de la ASADA, qué

comportamiento o actividades colectivas podrían mejorar el problema y quién puede desempeñar mejor estos comportamientos.

El programa de comunicación del PSA se constituye a partir de los resultados de la investigación de la ASADA, generando un plan que resulte funcionalista que genere dos estrategias principales: promoción y la comunicación para el apoyo de la ASADA. La promoción se basa en la construcción de relaciones multidisciplinares que promueven el compromiso de actores sociales (alianzas) para lograr los objetivos de desarrollo de la ASADA y la comunicación para el apoyo construye una agenda de cambios en el conocimiento y práctica de los participantes del programa, es decir, del PSA.

Todas las actividades propuestas por el PSA se constituyen en un objetivo mayoritario: la necesidad de que los abonados y la comunidad de Suerre establezca prácticas diarias sostenibles en su diario vivir.

El tipo de comunicación propuesto para alcanzar este resultado es del tipo: horizontal (compartiendo objetivos, estrategia de cooperación) y descendente (participación desde los abonados hasta la administración). La comunicación de los interlocutores se propone es multidireccional (interacción de doble vía generando retroalimentación, constituida por un alcance de múltiples actores).

En el cuadro 30 se presenta el programa de comunicación.

Cuadro 30. Programa de comunicación

Área	Comunicación (englobando las áreas: legal, estructural, operativa y administrativa)
Objetivo	Mejorar las prácticas de control de riesgo de la ASADA promoviendo el desarrollo de prácticas sostenibles por los abastecidos, mediante un modelo de involucramiento multidireccional con los abastecidos.
Meta	Generación de conocimiento de prácticas sostenibles de consumo de agua y conectar la gestión de los PCC de la ASADA con los abastecidos.

ACTIVIDAD	INDICADORES	RESPONSABLE	TIEMPO
Presentar los resultados de la evaluación de riesgos y el PSA de la ASADA a los actores sociales del gobierno local vinculados con la gestión del agua y el desarrollo humano.	Presentación del PSA	Administración	4 meses
Desarrollar un proceso de comunicación interna del PSA a todos los actores de la administración de la ASADA.	Presentación del PSA	Administración	2 meses
Ejecutar un taller con el personal operativo y administración sobre las oportunidades de mejora del PSA, los programas y las estrategias de implementación.	Evaluación del PSA	Administración	3 meses
Evaluar con los actores locales de comunicación (concentración mediática, organizaciones, universidades) la forma de comunicación más apropiada por la comunicación de Suerre, para determinar el medio de comunicación por emplear.	Selección del medio de comunicación	Administración	5 meses

Realizar una campaña de comunicación sobre la importancia y ventajas del abastecimiento de agua potable para los habitantes de Suerre.	Número de intervenciones.	Administración	5 meses
Introducir el PSA resaltando los puntos de mejora determinados vinculados con los abonados de la ASADA.	Material de la introducción.	Administración	6 meses
Recopilar las buenas prácticas empleados por los abonados y promover la aplicación de estas a los demás abonados.	Material de evidencias.	Administración	7 meses
Comunicar el comportamiento de consumo anual de agua y su relación con la disponibilidad por demanda de la ASADA a los abonados.	Material de comunicación.	Administración	7 meses
Desarrollar una campaña de comunicación, promoviendo prácticas de consumo sostenible de agua en los abonados.	Campaña de comunicación.	Administración	3 meses
Habilitar espacios de comunicación para la	Habilitación de espacio.	Administración	3 meses

recepción de retroalimentación de los abonados sobre temas de diversa índole de la ASADA.			
Generar un sistema de reporte digital de fugas para el acceso y uso de los abonados.	Sistema de gestión de fugas.	Administración	12 meses
Construir con los abonados y actores técnicos regionales vinculados con el saneamiento del agua una propuesta para el tratamiento domiciliar de las aguas grises.	Minuta de reunión.	Administración	12 meses

Fuente: Elaboración propia, 2018

El cuadro 30 presenta un total de 12 actividades que constituyen el programa de comunicación, las cuales deben ser implementadas con el objetivo de lograr el desarrollo de los objetivos del PSA. Asimismo, estos se recomiendan sean incluidos en el plan y agenda de comunicación anual de la ASADA, promoviendo el seguimiento y repetición de las actividades de educación y formación de los abonados. Los medios de comunicación empleados se promueven sean estudiados, con la intención de determinar el medio más integrativo y aceptado por la comunidad de Suerre, así como su ajuste en el presupuesto actual y la proyección de presupuestos futuros de la ASADA.

9.3 Seguimiento y verificación del PSA

Las acciones preventivas y correctivas identificadas deben monitorearse a lo largo de los plazos establecidos, para facilitar el seguimiento y que se desarrolle objetivamente lo estipulado, estos planes colaborarán a la gestión asertiva por parte de los desarrolladores de la propuesta de PSA. La creación de instrumentos documentales para la verificación del funcionamiento del sistema colabora en la identificación o no del desarrollo de las prácticas

desarrolladas. Por ello el cuadro 31 resume el plan operacional como herramienta para su cumplimiento a futuro.

Cuadro 31. Plan de verificación de propuesta de PSA

Monitoreo de verificación				
Programación	Actividad	Periodicidad	Actores involucrados	Medio de verificación
Legal	Hacer un registro de control de requisitos legales.	Anual	Administración ASADA	Documento de registro
	Registro de control periódico de los permisos y reportes legales.	Semestral		Documento de registro
	Trámite de PSF	Cada 5 años	Administración ASADA Ministerio de Salud, Área Rectora Pococí	Documentación respectiva de aprobación de PSF
	Solicitar la concesión de agua para abastecimiento humano.		Administración ASADA AyA, SENARA	Documento de concesión con su respectivo registro
	Presentar el reporte de calidad de agua.	Cada 6 meses	Administración ASADA Ministerio de Salud, Área Rectora Pococí	Reporte de calidad
	Realizar muestreos de los parámetros de control operacional.	Mensual	Administración ASADA; cuadrilla	Documento de registro

	Diseñar una estrategia de reforestación y protección a la zona circundante a la captación del sistema 1	Anual	Administración ASADA Ministerio de Salud, Municipalidad de Pococí, MINAE	Mapas de cobertura
Operativa	Monitorear constantemente mediante recorridos la situación física de la red.	Semanal	Fontaneros	Registros de visitas realizadas
	Monitorear las dosificaciones de cloro y registrar los datos de manera permanente.	Semanal	Cuadrilla	Registro de dosificaciones
	Capacitar al personal de las cuadrillas sobre hojas de seguridad.	Anual	Cuadrilla Administración ASADA	Registro de capacitaciones
	Impartir capacitación sobre metodologías de gestión de inventarios y materias primas.	Anual	Cuadrilla Administración ASADA	Registro de capacitaciones
	Incrementar la vigilancia del sistema en obras en construcción.	Semanal	Cuadrilla	Registros de visita de campo
	Diseñar una aplicación para celular para registro digital.	Actualización bianual	Administración ASADA Proveedor de servicio	Bases de datos asociadas a la app

	Adquirir GPS y documentar todos los puntos donde se realizan reparaciones de fugas.	Actualización bianual	Administración ASADA Proveedor de producto	Registros de tomas de datos y cambios de infraestructura
Estructural	Cambiar el sistema de desinfección y darle mantenimiento.	Diario	Administración ASADA Proveedor de producto	Registro de tomas de cloro
	Revisar y dar mantenimiento periódico a los equipos de bombeo.	Trimestral	Administración ASADA	Registro de tareas
	Mantener las labores de limpieza de las captaciones.	Mensual	Cuadrilla	Fotografías Registro de tareas
	Realizar el mantenimiento de las válvulas.	Semestral	Cuadrilla	Registro de tareas
	Estandarizar las rotulaciones de las estructuras.	Anual	Cuadrilla	Rotulación
	Dar mantenimiento a las coberturas de los tanques.	Semestral	Cuadrilla	Registro de tareas
	Construir un borde de concreto en los tanques.	Anual y seguimiento semestral	Cuadrilla Administración	Registro de tareas Fotografías
	Realizar inspecciones de la cobertura forestal colindante.	Semestral	Cuadrilla Municipalidad, MINAE	Fotografías Registro de visitas de campo

	Dar mantenimiento a las mallas de los tanques.	Trimestral	Cuadrilla	Registro de tareas
	Adquirir y colocar macromedidores en los tanques.	Mensual	Administración ASADA Cuadrilla Proveedor de producto	Registros de control y de compras
	Establecer puntos de redesinfección.	Bimestral	Cuadrilla	Registros de parámetro de Cl residual
	Evaluar el estado de las conexiones de la red.	Trimestral	Administración	Registro de visitas de campo
	Realizar muestreos de calibración de los equipos.	Semestral	Administración	Registros de calibraciones
Administrativa	Elaboración de manuales de operación, revisión y procedimientos.	Anual	Administración	Manuales
	Crear un comité de gestión.	Mensual	Administración Actores claves	Minutas y listas de asistencia
	Preparar y difundir un plan de concientización.	Mensual	Administración	Encuestas
	Mantener una revisión periódica de los pronunciamientos de la ARESEP	Bimestral	Administración	Registro de actividades de revisión
	Aplicar la herramienta SERSA	Semestral	Administración	Fotografías

			Área Rectora de Salud	Informe del MS
	Diseñar un plan de gestión de demanda hídrica.	Anual	Administración	Informes de las minutas de las reuniones
	Crear alianzas con actores.	Anual	Administración Actores sociales	Reuniones Documentos de creación de alianzas
	Realización de exámenes periódicos del PSA	Anual	Administración Actores sociales	Registros de reuniones
Comunicación	Presentar los resultados de la evaluación de riesgos y el PSA de la ASADA a los actores sociales.	Anual	Administración	Registros de asistencias a las reuniones
	Desarrollar un proceso de comunicación interna del PSA	Anual	Administración	Encuestas a las partes interesadas
	Ejecutar un taller con el personal operativo y administración.	Semestral	Miembros de la ASADA	Registro de asistencia
	Evaluar con los actores locales de comunicación.	Anual	Administración Partes interesadas	Encuestas a las partes interesadas Documento con mejoras

	Realizar una campaña de comunicación sobre la importancia del abastecimiento del agua.	Semestral	Administración Abonados	Encuestas a las partes interesadas
	Promover buenas prácticas de uso racional del recurso.	Anual	Administración Abonados	Registros de visitas de campo y de reuniones
	Comunicar el comportamiento de consumo anual de agua.	Anual	Administración Abonados	Encuestas a los abonados
	Desarrollar una campaña de comunicación.	Semestral	Administración Abonados	Encuestas a los abonados
	Habilitar espacios de comunicación para la recepción de retroalimentación.	Mensual	Abonados	Registros de sugerencias
	Generar un sistema de reporte digital de fugas.	Monitoreo bimestral	Administración	Reporte de fugas identificadas
	Proponer tratamientos domiciliar de las aguas grises.	Anual	Administración Abonados	Registro de reuniones y talleres Fotografías

III Capítulo: Conclusiones y recomendaciones

10. Conclusiones

Se identificaron cuatro Puntos Críticos de Control como lo fueron: la dosificación de cloro, elaboración de análisis fisicoquímicos y ausencia de estructura física para demanda del abastecimiento del recurso a futuro, estos factores deberán ser tomados en cuenta como prioritarios para el desarrollo de la estrategia organizacional y operativa de la ASADA.

Se debe identificar todos los riesgos potenciales antrópicos y ambientales de la ASADA Suerre, para crear y definir un plan de contingencia de riesgos.

Se requiere el establecimiento de un programa de educación ambiental que incluya la estimulación y recuperación del crecimiento de cobertura vegetal para la captación F1-A del sistema de abastecimiento 1, para ello se requiere el involucramiento de las partes interesadas como la comunidad y ASADA.

La ASADA Suerre debe desarrollar procesos de control y monitoreo de la demanda, en pro de visualizar la proyección de crecimiento de la población y de la consecuente solicitud del recurso hídrico, específicamente para prevenir trabajos de infraestructura.

Existen incumplimientos en cuanto a la elaboración y presentación ante Ministerio de Salud, sobre los análisis fisicoquímicos establecidos por el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

La aplicación del SERSA modificado es una herramienta para la detección de peligros puntuales en todas las partes del sistema de abastecimiento, con lo cual se determinaron posteriormente de estos, los prioritarios para su debida gestión de riesgos.

La percepción de los abonados de ASADA Suerre resultó ser mayoritariamente positiva en cuanto a evaluación de condiciones de comunicación, trabajo organizacional e inversión económica de la ASADA.

Las condiciones estructurales de las captaciones, tanques de almacenamiento y red de distribución son buenas, por el constante mantenimiento de las mismas, ergo, las pocas no conformidades halladas deben ser corregidas para continuar con el buen desempeño actual.

A través de la evaluación de los componentes de la ASADA Suerre, se identificaron una serie de eventos peligrosos, la mayor parte de estos generados por la falta de aplicación o inexistencia de un manual para operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable. Así mismo, la existencia de componentes (válvulas, tubería, registros, accesorios, etc.) que ya cumplieron su tiempo de vida útil y necesitan ser cambiados, o adaptados según los requisitos legales.

Entre las acciones correctivas que deberán aplicarse con mayor prioridad se encuentran: hacer más eficiente el proceso de potabilización así como la concentración del desinfectante, cumplir con la periodicidad de los análisis requeridos por la legislación, desarrollar e implementar de un programa de capacitación sobre gestión integral del agua.

Es necesario integrar un plan financiero y de planificación operativa de la ASADA Suerre, que venga a refuerce la aplicación y efectividad del Plan de Seguridad de Agua (PSA), con base en un análisis de costo beneficio.

En sí el desarrollo de la propuesta de PSA constituye una tecnología limpia ya que establece mejoras en la gestión general y así por medio del establecimiento de prioridades definir las acciones por implementar.

11. Recomendaciones

Considerar la construcción de un tanque nuevo de almacenamiento en un corto plazo, con capacidad de almacenaje para poder suplir la demanda de la población de manera apropiada del sistema 1.

Gestionar financiera y operativamente la realización actualizada de los respectivos análisis fisicoquímicos para ambos sistemas de acuerdo a lo establecido por ley.

Cumplir con el desarrollo y monitoreo las actividades planteadas como plan operacional, lo cual conducirá a la aplicación de manera preventiva y correctiva de las acciones de mejora establecidas a los puntos críticos de control.

Incluir a todos los actores sociales que aplican a la ASADA de Suerre en los proyectos establecidos y venideros para que estén informados y de una manera directa o indirecta, contribuyan al desarrollo de los mismos.

La ASADA debe garantizar un completo cumplimiento de todos los parámetros regulados según la legislación nacional, para asegurar la calidad del recurso distribuido a sus abonados y con el fin además de evitar conflictos de alta relevancia que pueda obstruir su diaria gestión.

Seguir desarrollando programas ambientales con la comunidad para fortalecer la vinculación de la misma con la ASADA y de esta manera facilitar el apoyo de los abonados al momento de desarrollar programas.

Desarrollar programas de comunicación para informar a las partes interesadas de los resultados obtenidos por la ASADA, con el fin de mantener al tanto a las partes interesadas sobre el desarrollo de las actividades de la asociación.

Para el desarrollo del plan de seguridad se requiere la conformación de un equipo de trabajo que involucre a los diferentes sectores y partes interesadas.

Bibliografía

- Ambientales. (2013). Ambientales 45: El Agua en Costa Rica. Revista Semestral. Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
- Arce, A. (2015). Propuesta plan de seguridad del agua para el acueducto municipal de Barva, Heredia. Tesis de grado. Gestión Ambiental. Universidad Nacional de Costa Rica, Campus Omar Dengo.
- Astorga, A. (1991). Cuencas sedimentarias de Costa Rica: evolución geodinámica y potencial de hidrocarburos. Rev. Geol. América Central.
- Astorga, A. (2012). Diagnóstico de la vulnerabilidad en comunidades de los cantones de Guácimo, Pococí y Siquirres. Consultado el 25 de setiembre de 2017. Disponible en: https://www.cne.go.cr/index.php/prevencione-desastres-menuprincipal-93/investigaciones-sobre-riesgos/doc_view/3265-dignostico-de-vulnerabilidad-pococi-guacimo-y-siquirres
- Astorga E, Y. (2013). Guía para la aplicación de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) a nivel municipal. Ed. Cáceres Donald. Tegucigalpa, HN.
- AyA (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados). (2004). Situación del agua en Costa Rica: Resumen Ejecutivo. San José, Costa Rica.
- AyA (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados). (2013). Informe Cuestión de la Gestión de los Recursos Hídricos y las Aguas Residuales desde una Perspectiva de Derechos Humanos. Dirección De Cooperación y Asuntos Internacionales. San José, Costa Rica. Consultado el 05 de junio de 2016. Disponible en: <http://www.ohchr.org/Documents/Issues/Water/ContributionsWasteWater/CostaRica.pdf>
- AyA (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados). (2015). Gestión Integrada del Recurso Hídrico en las ASADAS. Estrategias de Abordaje. San José, Costa Rica.
- AyA (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 “Sistema de abastecimiento de agua potable.” (En línea). Consultado el 05 de junio de 2016. Disponible en:

https://servicios.cfia.or.cr/Boletines/Archivos/ArchivosAdjuntos/201608/131169804732113747_SAP_julio 2016_CP_F_A.pdf

- Ballesteros V, M. (2013). Agenda del Agua de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Ballesteros V, M. (2013). Organizaciones comunales prestadoras del servicio de agua universalizan el acceso y disminuyen la pobreza. Ambientales.
- Bartram J, Corrales L, Davinson 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. Ginebra, CH.
- Barrenechea, A. (2011). Aspectos físico químicos de la calidad del agua. Consultado el 05 de junio de 2016. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manual/tomol/uno.pdf>
- Barrientos R, Y. (2015). Aplicación de la metodología de mapa de actores en la dimensión política de los estudios ambientales en proyectos de transmisión de energía, caso Chinú-Montería 230kv. Tesis M.Sc.Medellín CO. Universidad Nacional de Colombia.
- BIRF (Banco Internacional de reconstrucción y fomento 2016). Marco de Gestión y Ambiental Social. Consultado el 29 de junio de 2017. Disponible en <https://www.mininterior.gov.ar/viviendayhabitat/pdf/MarcodeGestionAmbientalySocial.pdf>
- Birkel C; Brenes Q, L.G y Salas G. (2006). Estudios sobre tipo y uso de las aguas a nivel de subcuencas hidrográficas en toda el Área de Conservación de Tortuguero. San José, Costa Rica.
- Borge, C. (2014). Informe final: Seminario, el acuífero es de todos: una agenda común. Pococí, Costa Rica.
- Centros Comunitarios de Aprendizaje. (CCA). (2015). Tema 3: Gestión Integral del Agua en la Institución. Consultado el 5 de junio de 2016. Disponible en: http://www.cca.org.mx/ps/lideres/cursos/av_a/html/materiales/t3.pdf
- Consortio UNAH/CURC – CENET – ESNACIFOR, Secretaría de Planificación y Cooperación Externa (SEPLAN). (2013). Mapeo de Actores Claves del proceso de elaboración del Plan de Desarrollo Regional con enfoque de Ordenamiento Territorial (PDR-OT) Región Valles de Comayagua. Comayagua, HN.

- Deree D, Stevens M, Davinson A, Helm G, Dufour A. (2001). Management Strategies. Ed. Fewtrell L, Bartram J. Water quality: guidelines, standards and health –assessment of risk and risk management for water-related infectious disease. Londres, IG.
- EPA (Environmental Protection Agency). (2015). Agua. (En línea). Consultado el 12 de mayo de 2016. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/agua>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2016). Orientaciones Metodológicas. Consultado el 27 de agosto de 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/004/x2919s/x2919s06.htm>
- FUNDECOR (Fundación Para El Desarrollo De La Cordillera Volcánica Central) (s.f.) Valorización del acuífero Guácimo-Pococí. Zona protectora, los acuíferos Guácimo-Pococí. Consultado el 07 de junio 2017. Disponible en: <http://fundecororg.wixsite.com/acuiferogp/zona-protectora-los-acuiferos>
- García G, M; Carvajal E, Y y Escobar J, H. (2007). La gestión integrada de los recursos hídricos como estrategia de adaptación al cambio climático. Ingeniería y Competitividad.
- González P, MF. (2012). Gobernanza y gestión del recurso hídrico para uso doméstico en dos Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios en el Área de Conservación Tortuguero, Costa Rica. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE.
- González M, A Y. (2016). Diagnóstico y Rediseño del Acueducto Rural de Suerre de Pococí de Limón. Tesis Lic. Guápiles, Costa Rica.
- Greenpeace. (2010). Agua. Consultado el 05 de agosto de 2018. Disponible en: <https://goo.gl/cq97Zm>
- Hernández S, R; Fernández C, C y Baptista L, P. (2008). Metodología de la Investigación. 4 ed. D.F., MX. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Hidalgo. (2012). Diagnóstico del Agua en Las Américas. Los recursos hídricos en Costa Rica. Distrito Federal, MX.
- ICE (Instituto Costarricense de Electricidad), PH Reventazón. (2014). Plan de Manejo de la Cuenca Media y Baja del Reventazón. Ed. Vargas Petersen Miguel. Siquirres, Costa Rica.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). (2011). Censo Nacional 2011. Consultado el 25 de agosto de 2013. Disponible en: <http://www.inec.go.cr/Web/Home/GeneradorPagina.aspx>

- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). (2017). Estimaciones y proyecciones de población. Consultado el 25 de agosto de 2017. Disponible en: <http://www.inec.go.cr/poblacion/estimaciones-y-proyecciones-de-poblacion>
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo). (2011). Censo Nacional - 2011. Consultado el 18 de agosto de 2017. Disponible en: <http://www.inec.go.cr/Web/Home/GeneradorPagina.aspx>
- INDER (Instituto de Desarrollo Rural de Costa Rica). (2014). Informe de Caracterización Integral Básica Del Territorio Pococí. Consultado el 25 de agosto de 2017. Disponible en: https://www.inder.go.cr/territorios_inder/region_huetar_caribe/caracterizaciones/Caracterizacion-territorio-Pococi.pdf
- INDER (Instituto de Desarrollo Rural de Costa Rica). (2015). Plan de Desarrollo Rural Territorial de Pococí. Consultado el 27 de agosto de 2017. Disponible en: https://www.inder.go.cr/territorios_inder/region_huetar_caribe/planes_desarrollo/PDRT-Pococi.pdf
- Má Villatoro, M. (2006). Propuesta de un Plan de Seguridad para el Sistema de Agua Potable del Casco Urbano del Municipio de Pachalúm, Quiché. Tesis de grado. Ingeniería Química. Guatemala. Consultado el 04 de mayo de 2016. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1000_Q.pdf
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR) y MS (Ministerio de Salud, CR). (1986). Creación de la zona protectora de los acuíferos de Guácimo Pococí. Decreto Ejecutivo No 17390-MAG-S. La Gaceta. Diario Oficial. San José, Costa Rica.
- Melgar, M. (2006). Manejo y conservación de los recursos naturales de la cuenca alta del río Yanque del Norte. Manual para el Desarrollo del Mapeo de Actores Claves (MAC). Consultado el 20 de junio de 2017. Disponible en: <https://goo.gl/hn4hAi>
- MEP (Ministerio de Educación Pública). (2017). Distribución de Centros de Educación de Costa Rica. Consultado el 25 de agosto de 2017. Disponible en: <http://sigmep.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=e5588a81e7744161a149608a773f23f2>
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (2010). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS TÍTULO B Sistemas de Acueducto.

- Monge E, Paz L y Ovares C. (2013). Transparencia y rendición de cuentas en las ASADAS. Manual para las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ASADAS) de Costa Rica.
- Municipalidad de Pococí. (2011). Plan Desarrollo Humano Cantonal. Consultado el 29 de abril de 2016. Disponible en: <http://munipococi.go.cr/section.php?id=30>
- Municipalidad Puerto Cortes. (2010). Mapeo de Actores Claves del Municipio de Puerto Cortés, Cortés. HN.
- OMS (Organización Mundial para la Salud). (2004). Planes de Seguridad del agua. Ed. 3. Guías para la Calidad del Agua Potable.
- OMS Planes de Seguridad del Agua, Capítulo 4. Consultado el 28 de mayo de 2016. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_4_fig.pdf
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2006). Guías para la calidad del agua potable. 3era ed. Consultado el 09 de setiembre de 2018. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowsres.pdf
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2009). Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua. Metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo.
- OMS. 2004. Guía para la calidad del agua potable. Consultado el 05 de junio de 2016. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowsres.pdf
- OPS (Organización Panamericana de la Salud). (2012). Planes de Seguridad del Agua en el sector rural de Caldas. Caldas, CO.
- PEN (Programa Estado de la Nación). (2015). Vigésimo primer Informe Estado de la Nación. Capítulo 4: Armonía con la naturaleza.
- PEN (Programa de Estado de la Nación). (2017). La educación superior en la región Huetar Atlántica: alcances y desafíos. Consultado el 27 de agosto de 2017. Disponible en: http://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/educacion/004/10-Cap-4-AportEspe-Edu-Sup-RegionH-Atlantica.pdf
- Pernick R; Wilder, C. (2008). La revolución limpia: Invertir en tecnología y crecer en el futuro. Gestión 2000. Barcelona, ES.

- Peréz, A. (2009). Planes de seguridad del agua. Fundamentos y perspectivas de implementación en Colombia Consultado el 04 de mayo de 2016. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092009000300013
- ProDUS (Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible de la Universidad de Costa Rica). (2006). Estudio Hidrogeológico en el cantón de Pococí y las partes altas al sur del cantón de Guácimo, alrededores de la Zona Protegida Guácimo y Pococí.
- PNUD (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. (2011). Atlas del desarrollo humano cantonal de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Rojas, R. (2006). Hojas de divulgación técnica: Planes de Seguridad del Agua, OPS. Consultado 22 abril de 2016. Disponible en www.bvsde.ops-oms.org/bvsair/e/hdt/hdt100/hdt100.pdf
- Sagot, A. (2016). Ley para la gestión integrada del recurso hídrico. Consultado 29 de junio de 2017. Disponible en <http://www.diarioextra.com/Noticia/detalle/307820/ley-para-la-gesti%C3%83%C2%B3n-integrada-del-recurso-h%C3%83%C2%ADdrico>
- Sánchez H, L; Pujol M, R; Ávila B, D; Solano R, R; López O, C; Pérez M, E; Zumbado M, F y Zamora G, L. (2012). Informe final: Estudio para la identificación y priorización de medidas de adaptación del sistema hídrico ante los efectos adversos del Cambio Climático en Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Sandoval Alvarado, L. (2006). Manual de tecnologías limpias en PyMES del Sector Residuos Sólidos. Programa Horizontal de Tecnologías Limpias y Energías renovables. OEA.
- SCHMIDT, H. (2005). Depositional sequences and sequences boundaries in fore-arc coastal embayments: case histories from Central America. Spec. Publ. IntAss. Sediment.
- SERMANAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (s.f.) Guía identificación actores claves.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). (s.f.) Áreas Silvestres Protegidas. Acuíferos Guácimo-Pococí. Limón, CR. Consultado el 16 de abril de 2016. Disponible en: <http://www.sinac.go.cr/AC/ACTo/agp/Paginas/default.aspx>
- Tábora F; Basterrechea M; Candanedo H; Kawas N; Artiga R; Solís M; Sánchez J; Rodríguez T; Zelaya L; Ramírez P y Paquet G. (2011). Situación de los recursos hídricos en centroamérica: Hacia una gestión integrada. Tegucigalpa, HN.

- Tapella, E. (2007) El mapeo de Actores Claves, documento de trabajo del proyecto Efectos de la biodiversidad funcional sobre procesos ecosistémicos, servicios ecosistémicos y sustentabilidad en las Américas: un abordaje interdisciplinario”. Córdoba, ES. Universidad Nacional de Córdoba, Inter-American Institute for Global Change Research (IAI).
- Torres, A. (2011). Tasas de crecimiento poblacional (r): Una mirada desde el modelo matemático lineal, geométrico y exponencial (Vol. 2). Puerto Rico: Cinde Digital. Consultado el 12 de marzo de 2017. Disponible en: http://demografia.rcm.upr.edu/images/CIDEdigital/vo2no1/CIDEvo2no1-A_TorresDegro-Tasa_crecimiento_poblacional.pdf
- UNESCO. (2003). La Crisis del Agua. Consultado el 05 de junio de 2016. Disponible en: http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr1/pdf/chap1_es.pdf
- Valverde, R. (2013). Disponibilidad, distribución, calidad y perspectivas del agua en Costa Rica. Ambientales.
- Vargas, R. (2017). Propuesta de PSA para la ASADA de Suerre. Limón, Costa Rica. ASADA de Suerre. (asada.suerre@gmail.com)
- Vicalcomerco, C. (2016). América Latina: Iniciativa Gestión Integral de Aguas Urbanas. Consultado el 5 de junio de 2016. Disponible en: http://siteresources.worldbank.org/INTLAC/Resources/257803-1351801841279/2_BrochureIWMESP.pdf
- WHO (World Health Organization WHO). (2015). Planes de Seguridad del Agua. Consultado el 5 de junio de 2016. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_4_fig.pdf
- WWAP. (World Water Assessment Programme). (2016). Agua para Todos, Agua para la Vida: Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Consultado el 05 de junio de 2016. Disponible en: <http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>
- Zeledón, A. (2016). Asociaciones administradoras de acueductos rurales en Costa Rica. Consultado el 22 de abril de 2016. Disponible en: <http://www.ayaconsu.com/asadas.html>

13. Anexos

Anexo 1. Encuesta a la población abastecida por la ASADA de Suerre

Encuesta de percepción poblacional

Objetivo: Identificar la percepción de la población abastecida por ASADA Suerre referente a la calidad del servicio brindado¹.

1. Rango de Edad	15-30	31-45	46-60	61-75	Más de 76
2. Sexo	Masculino			Femenino	
3. Número de Usuarios de la Conexión					
4. Nivel Educativo	Primaria			Secundaria	Universitario
5. ¿Sabe usted quién es el proveedor que le brinda el agua potable que usted consume?	Municipalidad	AyA	ASADA	Propio	Otro
6. ¿El agua que usted consume de qué fuente proviene?	Río	Naciente		Pozo	No sé
7. ¿Sabe usted dónde está ubicada la fuente de captación de agua?	Sí	No	¿Dónde?		
	Sí	No	Explique		

¹ La información brindada será de contenido confidencial y con fines académicos.

8. ¿Considera que el agua consumida es potable? Explique.					
9. ¿Cómo considera el servicio de agua suministrado?	Excelente	Bueno	Regular	Mala	Muy Malo
10. ¿Ha presenciado alguna característica anormal en el agua que consume?	Sí	No	¿Cuál (es)?		
11. ¿Se interrumpe el servicio de agua suministrada a su hogar?	Sí	No	Frecuencia		
12. ¿Ha detectado usted disminución del agua suministrada en algún(os) mes(es) específicos del año?	Sí	No	¿Cuáles?		
13. ¿Qué usos le da al agua abastecida?	Consumo humano	Riego de plantaciones	Alimentación para ganado	Otros	
14. ¿Reciben tratamiento las	Sí	No	¿Cuál?		

aguas grises (pilas, lavatorio, lavadora) originadas en su hogar?				
15. ¿Alguna vez se ha enfermado por consumir agua de la abastecida por la ASADA?	Sí	No	Comente	
16. ¿Cómo cree que la ASADA invierte el dinero obtenido del pago de los usuarios?	Mejora- miento del acueducto	Mejora- miento en la calidad del agua	Inversión para protección de la fuente de captación	Otro

Fuente: Propia, 2016

Anexo 2. Entrevista estructurada sobre gestión administrativa de ASADA Suerre.

Gestión administrativa de la ASADA

Objetivo: Recopilar información general de la gestión administrativa y operacional de ASADA Suerre *

*La información brindada será de contenido confidencial y con fines académicos.

Fecha	Nombre de encargado	Puesto que desempeña

1. Fecha de fundación del acueducto.
2. Cédula jurídica.
3. ¿Tiene la ASADA un programa de Control de la Calidad del Agua conforme al Reglamento para la Calidad del Agua Potable?
4. ¿Cuál es la cantidad de abonados del sistema?
5. Población abastecida total por el sistema.
6. Número de captaciones.
7. Mecanismo de abastecimiento.
8. Tiene sistema de desinfección.
9. Tiene permiso de funcionamiento.
10. Naciente o captación registrada ante MINAE.
11. Número de reparaciones por fugas al mes.
12. Material de la línea de conducción y línea de distribución.
13. ¿Cuál es el respectivo monto de tarifa por cobrar a los consumidores?
14. ¿Cuál es el porcentaje de morosidad actual?
15. ¿Existe algún proyecto de educación ambiental?
16. ¿Cuál es la actual conformación de la junta directiva?
17. ¿Se realizan aforos? Pruebas documentales de los mismos.

No () Sí (). Frecuencia: _____

Anexo 4. Elementos por consultar para la descripción del sistema de abastecimiento

Indicador	¿Se evaluó? Sí/No
Permiso Sanitario de Funcionamiento	Sí
Reglamento interno de la organización	Sí
Plan de Capacitación Interna	Sí
Cobertura de micro medición (medidores de agua)	Sí
Tarifas de cobro	Sí
Disponibilidad de herramientas, equipo y materiales	Sí
Gestión Financiera	Sí
Manejo de conflictos socioeconómicos	Sí

Anexo 5. Herramienta de evaluación administrativa

Evaluación Administrativa - ASADA Suerre

Tema	Consecutivo	Evaluación	Respuesta							
General	1	¿Qué servicios presta?	<input type="checkbox"/>	Acueducto	<input type="checkbox"/>	Saneamiento	<input type="checkbox"/>	Hidrantes		
	2	¿Cuentan ustedes con plan de atención de riesgos?	<input type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>			
Materiales	3	Existen responsables de la gestión de la bodega de materiales (administración de los mínimos de inventario, control de PEPS, vencimiento químico, disponibilidad herramientas)	<input type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Tareas asignadas:	(Indicar tareas)	
	4	¿Cuentan con una lista de proveedores?	<input type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No				
	5	¿Cuentan con equipos y repuestos para la atención de emergencias?	<input type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No				
Nuevos servicios	6	¿Cuentan con un caudal disponible para el crecimiento de la población? (Según aforos)	<input type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Criterio subjetivo, no hay frecuencia de aforos.		
	7	¿Mantienen previstas en esperar para la conexión?	<input type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No				
	8	¿Mantienen un reporte de conexiones nuevas por año?	<input type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No				
Micromedición	9	¿Cuentan con micromedición?	<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	No				
	10	Porcentaje de cobertura en micromedición	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	<= 50%	<input type="checkbox"/>	> 50% y < 75%	<input type="checkbox"/>	> 75% y <= 100%
	11	Porcentaje de micromedidores en buen estado	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	<= 50%	<input type="checkbox"/>	> 50% y < 75%	<input type="checkbox"/>	> 75% y <= 100%
	12	¿Cuentan con macromedidor?	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
	13	¿Qué cantidad del agua producida es macromedida (%)?	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	<50%	<input type="checkbox"/>	>50%, <75%	<input type="checkbox"/>	>75%, <100%
	14	¿Llevan control de agua no contabilizada?	<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
	15	¿Conoce el porcentaje de agua no contabilizada?	<input type="checkbox"/>	No lo conoce	<input type="checkbox"/>	ANC>40%	<input type="checkbox"/>	ANC<40%	<input type="checkbox"/>	

Anexo 6. Modelo matemático para determinar la proyección de la población

Datos	Método incremento poblacional		
	Aritmético	Geométrico	Exponencial
Definición	Este modelo permite estimar el crecimiento de la población, considerando un incremento balanceado por la mortalidad y la emigración.	Este modelo permite estimar la población futura cuando el lugar de estudio posee una importante actividad económica que genere un desarrollo apreciable.	Este modelo se aplica a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean abundantes áreas de expansión.
Datos	$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} * (T_f - T_{uc})$ <p> P_f=Población correspondiente al año por proyectar. P_{uc}= Población del último censo. P_{ci}= Población del censo inicial. T_{uc}= Año correspondiente al último censo. T_{ci}= Año correspondiente al censo inicial. T_f= Año al cual se quiere proyectar la información. </p>	$P_f = P_{uc} * (1 + R)^{(T_f - T_{uc})}$ <p> P_f=Población correspondiente al año por proyectar. P_{uc}= Población del último censo. R= Tasa de crecimiento geométrica. T_f= Año al cual se quiere proyectar la información. T_{uc}= Año correspondiente al último censo. </p>	$P_f = P_{ci} * e^{R * (T_f - T_{ci})}$ <p> P_f=Población correspondiente al año por proyectar. P_{ci}= Población del censo inicial. R= Tasa de crecimiento exponencial. T_f= Año al cual se quiere proyectar la información. T_{ci}= Año correspondiente al censo inicial. </p>

<p>Ecuaciones Complementarias</p>		$R = \sqrt[a]{\frac{P^{t+n}}{P^t}} - 1$ <p>R= Tasa de crecimiento geométrica. P^{t+n}=Población momento actual. P^t=Población base. A= Amplitud entre las dos poblaciones de referencia.</p>	$R = \frac{\ln P^{t+n} - \ln P^t}{a}$ <p>R= Tasa de crecimiento exponencial. P^{t+n}=Población momento actual. P^t=Población base. A= Amplitud entre las dos poblaciones de referencia.</p>
-----------------------------------	--	---	--

Fuente: Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2010

Anexo 7. Criterios para evaluación de captaciones, tanques de almacenamiento y líneas de conducción y distribución

Evaluación de captaciones

Identificación de factores de riesgo en la captación	Criterio Crítico	Sistema: 1/2	
		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?	X		
4. ¿Existe actividad agrícola, ganadera, industrial o desarrollo habitacional, que descarguen sus residuos aguas arriba de la captación de agua?	X		
5. ¿Existe alguna otra fuente de contaminación alrededor de la toma (tanques sépticos, animales, viviendas, basura o actividad industrial)?	X		
6. ¿Tienen las personas y animales acceso a la captación?	X		
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?			
11. ¿Está la tapa de captación en condiciones sanitarias?			
12. ¿Está la tapa sin sistema de cierre seguro (candado)?			
13. ¿Está la tapa y la losa de la captación en malas condiciones y con grietas?			
14. ¿Están ausente los canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía?			
15. ¿Hay agua estancada sobre o alrededor de la captación?			

Porcentaje de Cumplimiento		
-----------------------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Evaluación de tanques de almacenamiento

Identificación de factores de riesgo en los tanques de almacenamiento	Criterio Crítico	Sistema: 1/2	
		Sí	No
1. ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)?	X		
2. ¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias?	X		

3. ¿Carece de borde de cemento alrededor del tanque (menor a 1 metro) y la estructura eterna de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)			
4. ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?	X		
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 seguro de cierre (candado, cadena, tornillo)?			
9. ¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?	X		
10. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)?	X		
13. ¿Resulta imposible conocer el nivel del tanque mediante la lectura en el indicador?			
14. ¿Están en mal estado las cajas de registro de válvulas, los desfogues y los bypass?			
15. ¿Están las cajas de registro sucio y con agua en su interior?			

Porcentaje de Cumplimiento		
---------------------------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2018

Evaluación de la línea de conducción y distribución

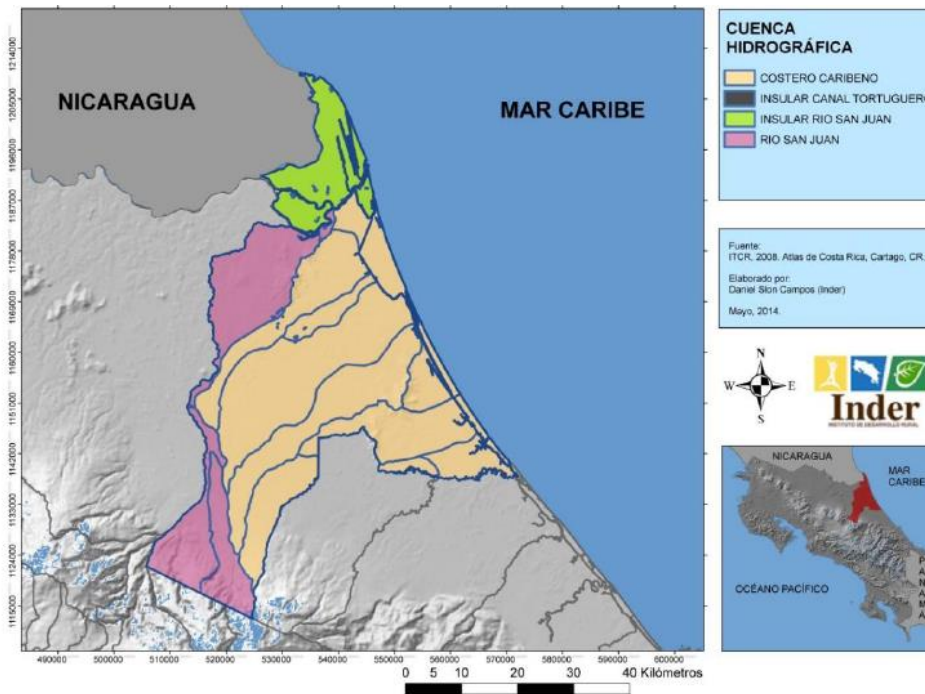
Identificación de factores de riesgo en la línea de conducción y distribución	Criterio Crítico	Sistema: 1/2	
		Sí	No
1. ¿Se evidencian fugas en la línea de conducción?			
2. ¿Las tapas de la quiebragradienets no son sanitarias y están en mal estado?			
3. ¿Hay rajaduras, grietas, fugas, raíces en los quiebragradienets?			
4. ¿Se evidencian fugas en la red de distribución?			
5. ¿Hay variaciones significativas de presión en la red de distribución?			
6. ¿Algunas de las zonas servidas no presentan cloro residual en los puntos de consumo?			

7. ¿Constantemente existen interrupciones en el servicio de distribución?			
8. ¿Ausencia de fontanero o encargado del mantenimiento de la red?			
9. ¿Está el sistema de distribución operando sin un sistema de purga?			
10. ¿Está el sistema de distribución carente de un fontanero o encargado del mantenimiento de la red?			
11. ¿Hay conexiones no autorizadas en la red de distribución?			
12. ¿Las nuevas conexiones carecen de hidrómetros?			
13. ¿Operan los hidrómetros sin ser debidamente calibrados?			

Porcentaje de Cumplimiento		
-----------------------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2018

Anexo 8. Cuencas hidrográficas de Pococí



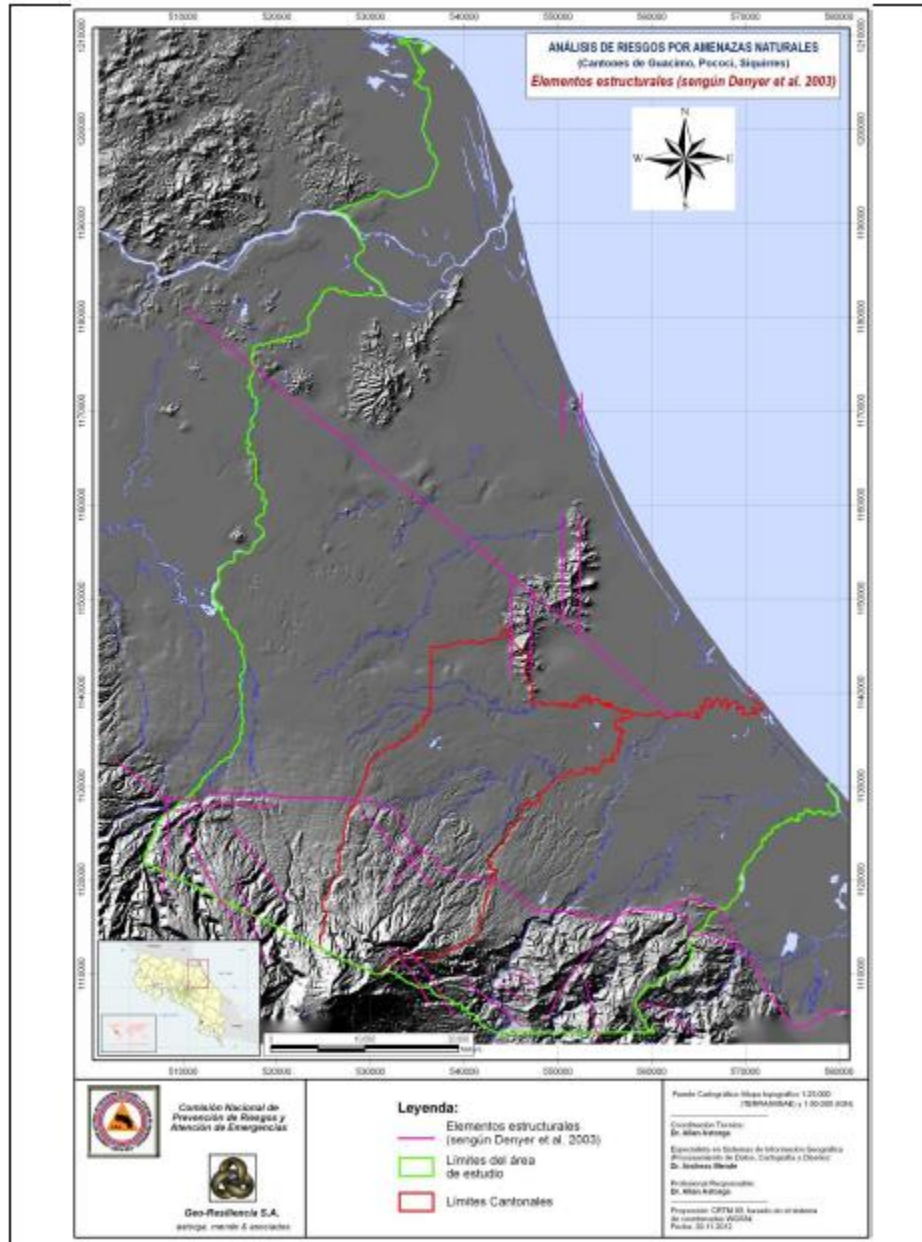
Fuente: INDER, 2015

Anexo 9. Valores promedios anuales de precipitación de Pococí

Mes	Temperatura media ° C		Precipitación total media (mm)	Promedio de días con lluvia
	Mínimo	Máximo		
Ene	20,7	28,9	319,7	19
Feb	20,7	29,1	238,6	16
Mar	21,2	29,7	206,9	17
Abr	22,0	30,1	264,8	16
May	22,8	30,4	336,2	19
Jun	22,9	30,3	290,6	19
Jul	22,6	29,7	424,1	22
Ago	22,5	30,1	301,0	19
Set	22,5	30,6	142,2	14
Oct	22,2	30,4	208,4	17
Nov	21,9	29,4	396,9	18
Dic	21,2	28,9	447,7	21

Fuente: Astorga, 2012

Anexo 10. Fallas geológicas activas en Pococí



Fuente: Astorga, 2012

Anexo 11. Organizaciones locales de Pococí

Institución	Función / Aporte
MAG	Asistencia técnica agropecuaria
INTA	Investigación agropecuaria
AYA	Proveedor agua potable
ACTO	Ambiente
ASOPOCOCÍ	Asociación de desarrollo de Pococí
ASIREA	Ambiente
Banco Crédito Agrícola De Cartago	Financiamiento crediticio
BCR	Financiamiento crediticio
BNCR	Financiamiento crediticio
BPCR	Financiamiento crediticio
Bomberos de Costa Rica	Servicio estatal y social
CCSS	Caja costarricense de seguro social
Ministerio de Justicia Y Paz	Seguridad ciudadana
CME	Consejo municipal de riesgo
CNP	Brinda bienes y servicios para el sector agropecuario
Correos de Costa Rica	Servicio de envíos y recibo de mensajería
Cruz Roja Costarricense	Servicios primarios de atención a la salud
Dirección Nacional de Desarrollo Comunal	Asesoría a nivel municipal en desarrollo comunitario
Ministerio de Seguridad Publica	Seguridad ciudadana
ICE	Instituto costarricense de electricidad y telefonía

INCOPESCA	Administra, regula y promueve el desarrollo del sector pesquero, la maricultura y acuicultura.
ICT	Instituto costarricense de turismo
IAFA	Instituto de alcoholismo y farmacodependencia
IDA	Instituto de desarrollo agrario
Instituto Mixto de Ayuda Social	Ayuda social
Instituto Nacional de Aprendizaje	Capacitación en diversas áreas
Instituto Nacional de la Mujer	Ayuda social de ayuda a la mujer
Instituto Nacional de Seguros	Pólizas y seguros
Migración y Extranjería	Departamento de regulación legal costarricense
Ministerio de Cultura y Deporte	Fomento y desarrollo de la cultura y el deporte
Ministerio de Educación Pública	Alfabetización de la población costarricense
Ministerio De Obras Publicas Y Transporte	Servicios
Ministerio de Planificación	Servicios
Ministerio de Salud	Servicios de salud
Ministerio de Trabajo y Seguridad Social	Regulación y seguimiento a normas laborales
MIVAH	Ministerio de vivienda y asentamientos humanos
PANI	Patronato nacional de la infancia
PROCOMER	Promotora de comercio exterior
SENARA	Servicio Nacional de Riego y Advenimiento

SENASA	Servicio Nacional de Salud Animal
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
UCR	Universidad de Costa Rica
UNED	Universidad Estatal a Distancia
UNA	Universidad Nacional de Costa Rica

Fuente: INDER, 2014

Anexo 12. Ejemplos de campañas de educación y sensibilización realizados por la ASADA Suerre

Festividad/ Campaña / Alianza	Actividades
Día del agua	Caminatas a los acuíferos con miembros de la comunidad, así las personas han podido conocer las fuentes de captación.
COLAGUA	Reuniones mensuales donde se estipulan proyectos de desarrollo.
Amojonamiento	Instalación de mojones en los límites del área de protección del acuífero.
Gestión de Residuos	Desde el 2010 con la UCR y UNED, se ha trabajado en un proyecto de separación de residuos en la comunidad de Suerre.
Navidad	Diseño de un árbol de navidad constituido por botellas PET (color verde) donadas por los vecinos con la intención de incentivar la reutilización, reciclaje y recuperación.
Educación Ambiental, Universidad Earth	Se realizan visitas de campo al acueducto con los estudiantes de primer año (2 veces al año).

Reforestación de áreas	Se plantaron 276 árboles en la servidumbre de paso de Calle Uno y Tablón; y en el terreno del tanque de almacenamiento de Calle Seis.
Diagnóstico y actualización del Plan de Gestión Local para el Corredor Biológico Los Acuíferos	Elaboración de plan de manejo y gestión del Corredor Biológico Acuíferos, con la participación de las comunidades y COLAGUA
Socialización de las funciones del acueducto	Se comparte las labores desempeñadas por el acueducto.
Participación en el VIII Encuentro de la Gestión Comunitaria del Agua	Participar del encuentro para la apreciación de experiencias varias a nivel latinoamericano.
Participación de talleres del AyA	Se asiste en representación de la ASADA a talleres, charlas y demás convocados por el AyA para la actualización de conocimientos.

Fuente: Elaboración propia, 2018

Anexo 13. Instalaciones de la ASADA Suerre






Fuente: Acueducto Rural Suerre, 2017

Anexo 14. Resultados de la evaluación administrativa de la ASADA Suerre

Tema	Consecutivo	Evaluación	Respuesta							
General	1	¿Qué servicios presta?	<input checked="" type="checkbox"/>	Acueducto	<input type="checkbox"/>	Saneamiento	<input checked="" type="checkbox"/>	Hidrantes		
	2	¿Cuentan ustedes con plan de atención de riesgos?	<input type="checkbox"/>	Sí	<input checked="" type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>			
Materiales	3	Existen responsables de la gestión de la bodega de materiales (administración de los mínimos de inventario, control de PEPS, vencimiento químico, disponibilidad herramientas)	<input checked="" type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input checked="" type="checkbox"/>	Tareas asignadas:	<i>Revisar inventarios- mant de herramientas- aseo- no manejamos prod quimicos</i>	
	4	¿Cuentan con una lista de proveedores?	<input checked="" type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No				
	5	¿Cuentan con equipos y repuestos para la atención de emergencias?	<input type="checkbox"/>	Sí	<input checked="" type="checkbox"/>	No				
Nuevos servicios	6	¿Cuentan con un caudal disponible para el crecimiento de la población? (Según aforos)	<input checked="" type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input checked="" type="checkbox"/>	Criterio subjtivo, no hay frecuencia de aforos.		
	7	¿Mantienen previstas en esperar para la conexión?	<input type="checkbox"/>	Sí	<input checked="" type="checkbox"/>	No				
	8	¿Mantienen un reporte de conexiones nuevas por año?	<input type="checkbox"/>	Sí	<input checked="" type="checkbox"/>	No				
Micromedición	9	¿Cuentan con micromedición?	<input checked="" type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	No				
	10	Porcentaje de cobertura en micromedición	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	<= 50%	<input type="checkbox"/>	> 50% y < 75%	<input checked="" type="checkbox"/>	> 75% y <= 100%
	11	Porcentaje de micromedidores en buen estado	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	<= 50%	<input type="checkbox"/>	> 50% y < 75%	<input checked="" type="checkbox"/>	> 75% y <= 100%
	12	¿Cuentan con macromedidor?	<input checked="" type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
	13	¿Qué cantidad del agua producida es macromedida (%)?	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	<50%	<input type="checkbox"/>	>50%, <75%	<input type="checkbox"/>	>75%, <100%
	14	¿Llevan control de agua no contabilizada?	<input type="checkbox"/>	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
	15	¿Conoce el porcentaje de agua no contabilizada?	<input checked="" type="checkbox"/>	No lo conoce	<input type="checkbox"/>	ANC>40%	<input type="checkbox"/>	ANC<40%	<input type="checkbox"/>	

Anexo 15. Fotografías de las captaciones de los sistemas de la ASADA Suerre

Sistema	Captación	Fotografía
Sistema 1	Captación 1 F1-A	
		
	Captación 2 F1-B	

Sistema 2

Captación 2



Fuente: Elaboración propia, 2017

Anexo 16. Evaluación de las captaciones de la ASADA Suerre

Identificación de factores de riesgo en la captación	Criterio Crítico	Sistema 1				Sistema 2	
		F1-A		F1-B		F2	
		Sí	No	Sí	No	Sí	No
1. ¿Está la captación fuera de un área protegida o zona de conservación?			X		X		X
2. ¿Está la toma de agua desprovista de infraestructura que la proteja?			X		X		X
3. ¿Está el área alrededor de la toma sin cerca o malla de protección?	X		X		X		X
4. ¿Existe actividad agrícola, ganadera, industrial o desarrollo habitacional, que descarguen sus residuos aguas arriba de la captación de agua?	X		X		X		X
5. ¿Existe alguna otra fuente de contaminación alrededor de la toma (tanques sépticos, animales, viviendas, basura o actividad industrial)?	X		X		X		X
6. ¿Tienen las personas y animales acceso a la captación?	X		X		X		X

7. ¿Están las rejillas de la toma en malas condiciones (ausentes, quebradas y otros)?			X		X		X
8. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas y otros) obstruyendo las rejillas de la toma?			X		X		X
9. ¿Existen condiciones de deforestación y erosión en los alrededores de la toma?			X		X		X
10. ¿Está ausente el desarenador después de la toma de agua?			X		X		X
11. ¿Está la tapa de captación en condiciones sanitarias?			X		X		X
12. ¿Está la tapa sin sistema de cierre seguro (candado)?			X		X		X
13. ¿Está la tapa y la losa de la captación en malas condiciones y con grietas?			X		X		X
14. ¿Están ausente los canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía?			X		X		X
15. ¿Hay agua estancada sobre o alrededor de la captación?			X		X		X

Porcentaje de Cumplimiento	0%	100%	0%	100%	0%	100%
-----------------------------------	----	------	----	------	----	------





Anexo 17. Matriz de correspondencia entre las características de los tanques de almacenamiento

Sistema	Tanque	Correspondencia													
		Superficial	Cemento	Color Estructura		Ingreso de agua por la parte superior y salida por la parte inferior	Rotulado	Cercamiento	Tuberías de PVC	Cobertura en losa	Tapas de Metal		Cloración		Cinta de concreto alrededor del tanque
				Azul Oscuro	Celeste						Metal	Dispositivo de Seguridad	Tanque	Pastillas de Cloro	
Sistema 1	Tanque de Almacenamiento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sistema 2	Tanque Calle Tablón	X	X		X	X		X	X		X	X	X	X	
	Tanque Calle 1	X	X		X	X		X	X		X	X	X	X	
	Tanque Calle 6	X	X		X	X	X*	X	X		X	X	X	X	X

*El rótulo ubicado es del AyA

Fuente: Elaboración propia, 2018

Anexo 18. Fotografías de los tanques de almacenamiento de la ASADA Suerre

Sistema	Tanque	Fotografía
Sistema 1	Tanque de Almacenamiento	
Sistema 2	Tanque Calle Tablón	
	Tanque Calle 1	
	Tanque Calle 6	

Fuente: Elaboración propia, 2017

Anexo 19.Evaluación de los tanques de almacenamiento de la ASADA Suerre

Identificación de factores de riesgo en los tanques de almacenamiento	Criterio Crítico	Sistema 1		Sistema 2					
		Tanque de Almacenamiento		Tanque Calle Tablón		Tanque Calle 1		Tanque Calle 6	
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
1. ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)?	X		X		X		X		X
2. ¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias?	X		X		X		X		X
3. ¿Carece de borde de cemento alrededor del tanque (menor a 1 metro) y la estructura eterna de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)		X		X		X			X
4. ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?	X		X		X		X		X
5. ¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque y las escaleras internas herrumbradas?			X		X		X		X

6. ¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?			X		X		X		X
7. ¿Está ausente o defectuosa la malla de protección?		X			X		X		X
8. ¿Carece la tapa de un sistema seguro de cierre (candado, cadena, tornillo)?			X		X		X		X
9. ¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?	X		X		X		X		X
10. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, residuos, actividad agrícola o industrial)?	X		X		X		X		X
11. ¿Resulta imposible conocer el nivel del tanque mediante la lectura en el indicador?			X		X		X		X
12. ¿Están en mal estado las cajas de registro de válvulas, los desfogues y los by-pass?			X		X		X		X
13. ¿Están las cajas de registro sucio y con agua en su interior?			X		X		X		X

Porcentaje de Cumplimiento	15%	85%	8%	92%	8%	92%	0%	100%
-----------------------------------	-----	-----	----	-----	----	-----	----	------

Anexo 20. Dimensiones de las tuberías de la red de distribución y conducción


Sector	Dimensiones
A	859 m de tubería de 150 mm 6" sdr 41 157 m de tubería 38 mm 1 ½ "srd 41
B	1.218 m tubería de 150 mm 6"sdr 41 300 m tubería 38 mm 1 ½" sdr 41 80 m tubería de 25 mm 1" sdr 26
C	109 m tubería 150 mm 6" sdr 41 612 m tubería de 100 mm 4" sdr 41 340 m tubería 50 mm 2" sdr 41 370 m tubería de 38 mm 1 ½ "sdr 41 180 m tubería 25 mm 1" sdr 26
D	715 m tubería de 100 mm 4 "sdr 41 374 m tubería 75 mm 3" sdr 41 300 m tubería 63 mm 2 ½ "sdr 41 280 m tubería 38 mm 1 ½" sdr 41
E	80 de tubería de 100 mm 4" sdr 41 1445 m tubería de 63 mm 2 ½" sdr 41 50 m tubería de 50 mm 2" sdr 41 125 m tubería de 38 mm 1 ½" sdr 41 30 m tubería de 25 mm 1" sdr 26
F	136 m tubería de 38 mm 1 ½" sdr 41 190 m tubería de 25 mm 1" sdr 26
G	163 m tubería de 150 mm 6" sdr 41 1224 m tubería 100 mm 4" sdr 41 143 m tubería 50 mm 2" sdr 41 350 m tubería de 50 mm 2" sdr 41 475 m tubería de 25





G-1	620 m tubería de 63 mm 2 ½ " sdr 26
I	620 m tubería de 50 mm 22 sdr 26
J	297 m tubería de 50 mm 2" sdr 4
J-1	175 m tubería de 50 mm 2" sdr 32.5
L	mm 1" sdr 41
M	487 m tubería de 50 mm 2 " sdr 41 20 m tubería de 25 mm 1" sdr 26
N	450 m tubería de 63 mm 2 ½ " sdr 41
N-1	300 m tubería de 50 mm 2" sdr 32.5 200 m tubería 25 mm 1" sdr 26
O	584 m tubería de 50 mm 2" sdr 41
P	488 m tubería de 100 mm 4" sdr 26 310 m tubería de 100 mm 4" sdr 41 300 m tubería de 75 mm 3" sdr 41 300 m tubería de 38 mm 1 ½ " sdr 41 60 m tubería de 38 mm 1 ½ " sdr 32.5
P1	156 m de tubería de 100 mm 4" sdr 26 384 m tubería de 50 mm sdr 26
Q	384 m tubería de 100 mm 4" sdr 26 525 m tubería de 75 mm 3" sdr 41 376 m tubería de 50 mm 2" sdr 26 80 m tubería de 25 mm 1" sdr 26
R	700 m tubería de 50 mm 2" sdr 41
S	80 m tubería de 38 mm 1 ½ "sdr 41 100 m tubería de 50 mm 2" sdr 26 80 m tubería de 25 mm 1" sdr 26
T	300 m tubería de 50 mm 2" sdr 26
U-1	300 m tubería de 50 mm 2" sdr 26
U-2	94 m tubería de 63 mm 2 ½ " sdr 41 360 m tubería de 38 mm 1 ½ " sdr 41

Anexo 21. Fugas en la línea de conducción y red de distribución



Anexo 22. Fotografías de los quiebragradientes y conexiones de la ASADA Suerre

Sistema	Detalle	Fotografía
1	Quiebra gradiente 1	
	Quiebra gradiente 2	

	<p>Quebra gradiente 3</p>	
	<p>Conexión (hidrómetro)</p>	
<p>2</p>	<p>Quebra gradiente</p>	
	<p>Conexión (hidrómetro)</p>	

Fuente: Elaboración propia, 2018

Anexo 23. Evaluación de la línea de conducción y distribución de la ASADA Suerre

Identificación de factores de riesgo en la línea de conducción y distribución	Criterio Crítico	Sistema 1		Sistema 2	
		Sí	No	Sí	No
1. ¿Se evidencian fugas en la línea de conducción?		X			X
2. ¿Las tapas de los quiebra gradiente no son sanitarias y están en mal estado?			X		X
3. ¿Hay rajaduras, grietas, fugas, raíces en los quiebra gradiente?			X		X
4. ¿Se evidencian fugas en la red de distribución?		X			X
5. ¿Hay variaciones significativas de presión en la red de distribución?			X		X
6. ¿Algunas de las zonas servidas no presentan cloro residual en los puntos de consumo?			X		X
7. ¿Constantemente existen interrupciones en el servicio de distribución?			X		X
8. ¿Ausencia de fontanero o encargado del mantenimiento de la red?			X		X
9. ¿Está el sistema de distribución operando sin un sistema de purga?			X		X
10. ¿Está el sistema de distribución carente de un fontanero o encargado del mantenimiento de la red?			X		X

11. ¿Hay conexiones no autorizadas en la red de distribución?			X		X
12. ¿Las nuevas conexiones carecen de hidrómetros?			X		X
13. ¿Operan los hidrómetros sin ser debidamente calibrados?		X		X	

Porcentaje de Cumplimiento	23%	77%	8%	92%
-----------------------------------	-----	-----	----	-----

Anexo 24. Matriz de periodicidad de análisis aplicable a la ASADA Suerre según el Reglamento para la Calidad del Agua Potable (N°38924-S)

Parámetros de Aceptabilidad	Unidad	Valor Alerta (Va)	Valor Máximo Admisible (VMA)	Fuentes de Abastecimiento		Tanques de Almacenamiento		Red de Distribución		Total de Muestras Mínimas por Año
				Frecuencia Muestreo	Número de Muestras	Frecuencia Muestreo	Número de Muestras	Frecuencia Muestreo	Número de Muestras	
Turbiedad	UNT	1	5	Mensual	1	NA	NA	Mensual	1	24
Olor		Debe ser aceptable	Debe ser aceptable							
Sabor		Debe ser aceptable	Debe ser aceptable							
pH	Valor pH	6	8							
Cloro Residual Libre	mg/L	0,3	0,6							
Color Aparente	U-Pt-Co	<5	15	Semestral	1 en cada fuente	Semestral	1 en cada tanque	Semestral	3	10
Conductividad	μS/cm UFC/100mL	400								

Escherichia coli	NMP/100mL UFC/100mL	No detectable	No detectable							
Cloro Residual Libre	mg/L	0,3	0,6							
Cloro Residual Combinado*	mg/L	1	1,8							
Aluminio	mg/L		0,2	Cada 3 años	1 en cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de	NA	NA	Cada 3 años	1	NA
Calcio	mg/L		100							
Cloruro	mg/L	25	250							
Cobre	mg/L	1	2							
Dureza total	mg/L	300	400							
Fluoruro	mg/L		0,7-1,5							
Hierro	mg/L		0,3							
Magnesio	mg/L	30	50							
Manganeso	mg/L	0,1	0,5							
Potasio	mg/L		10							
Sodio	mg/L	25	200							
Sulfato	mg/L	25	250							
Zinc	mg/L	0,005	3							

					distribución					
Amonio	mg/L		0,5	Cada 3 años	1 en cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución	NA	NA	Cada 3 años	1	NA
Antimonio	mg/L		0,5							
Arsénico	mg/L		0,1							
Cadmio	mg/L		0,003							
Cianuro	mg/L		0,07							
Cromo	mg/L		0,05							
Mercurio	mg/L		0,001							
Níquel	mg/L		0,02							
Nitrato	mg/L	25	50							
Nitrito	mg/L		0,1							
Plomo	mg/L		0,01							
Selenio	mg/L		0,01							

Anexo 25. Conglomerado de los resultados de análisis físico-químicos y microbiológicos de la ASADA Suerre durante el lapso del 2015 al 2017

Muestreador	Laboratorio Análisis	Fecha Muestreo	Fecha Emisión Resultados	Punto de Muestreo	Cloro Residual (mg/L)	Coliformes Fecales (100mL-1)	NMP (E Coli)	Alcalinidad (50mg/L)	Conductividad (µS/cm)	pH	Temperatura (°C)
AyA	AyA	3/2/2015	11/2/2015	Naciente 1				50	209	6,2	21,8
AyA	AyA	3/2/2015	11/2/2015	Naciente 1		2	1				
AyA	AyA	3/2/2015	11/2/2015	Naciente 2		2	2				
AyA	AyA	3/2/2015	11/2/2015	Tanque de Almacenamiento	0,34	Negativo	Negativo				
AyA	AyA	3/2/2015	11/2/2015	Red 1	0,44	Negativo	Negativo				
AyA	AyA	3/2/2015	11/2/2015	Red 2	0,34	Negativo	Negativo				

AyA	AyA	3/2/2015	11/2/20 15	Red 3	0,37	Negativo	Negativo				
AyA	AyA	3/2/2015	11/2/20 15	Red 4	0,44	Negativo	Negativo				
AyA	AyA	23/8/201 5	28/9/20 15	Naciente 1		Negativo	Negativo				
AyA	AyA	23/8/201 5	28/9/20 15	Naciente 2		Negativo	Negativo				
AyA	AyA	23/8/201 5	28/9/20 15	Tanque de Almacena- miento	0,37	Negativo	Negativo				
AyA	AyA	23/8/201 5	28/9/20 15	Red 1	0,46	Negativo	Negativo				
AyA	AyA	23/8/201 5	28/9/20 15	Red 2	0,46	Negativo	Negativo				
AyA	AyA	23/8/201 5	28/9/20 15	Red 3	0,38	Negativo	Negativo				
AyA	AyA	23/8/201 5	28/9/20 15	Red 4	0,22	Negativo	Negativo				
AyA	AyA	7/2/2016	16/2/20 16	Naciente 1		Negativo	Negativo				

AyA	AyA	7/2/2016	16/2/2016	Naciente 2		Negativo	Negativo				
AyA	AyA	7/2/2016	16/2/2016	Tanque de Almacenamiento	0,44	Negativo	Negativo				
AyA	AyA	7/2/2016	16/2/2016	Red 1	0,35	Negativo	Negativo				
AyA	AyA	7/2/2016	16/2/2016	Red 2	0,40	Negativo	Negativo				
AyA	AyA	7/2/2016	16/2/2016	Red 3	0,39	Negativo	Negativo				
AyA	AyA	7/2/2016	16/2/2016	Red 4	0,37	Negativo	Negativo				
ASADA Suerre	Laboratorios San Martín	5/5/2017	19/5/2017	Naciente 1					185	7,57	
AyA	AyA	20/12/2017	2/1/2018	Naciente 1		36,4	29,2				
AyA	AyA	20/12/2017	2/1/2018	Naciente 2		5,2	4,1				

AyA	AyA	20/12/20 17	2/1/201 8	Tanque de Almacena- miento	0,75	Negativo	Negativo				
AyA	AyA	20/12/20 17	2/1/201 8	Red 1	0,68	Negativo	Negativo				
AyA	AyA	20/12/20 17	2/1/201 8	Red 2	0,42	Negativo	Negativo				
AyA	AyA	20/12/20 17	2/1/201 8	Red 3	0,9	Negativo	Negativo				
AyA	AyA	20/12/20 17	2/1/201 8	Red 4	1	Negativo	Negativo				

Fuente: Elaboración propia, 2018

Anexo 26. Matriz de cumplimiento temporal de los análisis de la ASADA Suerre durante el lapso del 2015 al 2017

Tipo de Reporte de Cumplimiento	Parámetros de Aceptabilidad	2015		2016		2017		Porcentaje Cumplimiento		
		Cantidad análisis realizados	Cantidad análisis requeridos	Cantidad análisis realizados	Cantidad análisis requeridos	Cantidad análisis realizados	Cantidad análisis requeridos	2015	2016	2017
Control Operativo (CO)	Turbiedad	0	24	0	24	0	24	0%	0%	0%
	pH	1	24	0	24	1	24	4%	0%	4%
	Cloro Residual Libre	10	24	5	24	5	24	42%	21%	21%
Nivel Primero (N1)	Conductividad	1	20	0	20	1	20	5%	0%	5%
	Escherichia coli	10	20	8	20	7	20	50%	40%	35%
Nivel Segundo (N2)	Aluminio	0	1	NA	NA	NA	NA	0%	NA	NA
	Calcio	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
	Cloruro	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
	Cobre	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
	Dureza total	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
	Fluoruro	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
	Hierro	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
	Magnesio	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
	Manganeso	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
Potasio	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA	

	Sodio	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
	Sulfato	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
	Zinc	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
Nivel Tercero (N3)	Amonio	0	1	NA	NA	NA	NA	0%	NA	NA
	Antimonio	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
	Arsénico	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
	Cadmio	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
	Cianuro	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
	Cromo	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
	Mercurio	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
	Níquel	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
	Nitrato	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
	Nitrito	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
	Plomo	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA
Selenio	1	1	NA	NA	NA	NA	100%	NA	NA	

Fuente: Elaboración propia, 2018

Anexo 27. Reporte de consumo de agua de la ASADA Suerre del 2017 y primer cuatrimestre del 2018

Zona	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17	Abonad	ene-18	feb-18	mar-18	Abonad
1A	418	357	322	417	426	356	419	531	397	406	425	374	23	506	362	432	23
2T	308	348	315	366	381	381	312	340	354	296	306	346	16	367	309	316	16
3B	710	804	705	979	855	738	769	920	754	703	817	657	46	759	590	629	46
4B1	31	57	13	14	30	32	84	35	28	33	35	23	3	24	22	15	3
6G	459	564	491	569	640	581	558	719	598	563	692	624	26	603	471	475	28
7G1	655	803	684	735	881	773	753	870	748	767	841	635	34	792	671	716	35
8G2	135	123	98	127	120	111	102	122	111	131	177	124	6	138	159	147	6
9F	583	572	483	596	518	578	672	574	672	573	647	492	27	638	540	525	27
10G3	389	419	355	457	533	451	413	509	413	389	561	432	18	549	375	372	19
11O	329	405	391	480	490	442	464	545	457	428	528	346	23	465	427	446	23
12V	324	349	333	472	477	456	797	659	572	481	595	467	49	669	506	468	52
13P	1137	1430	1077	1203	1324	1093	1106	1272	959	1062	1330	995	27	1249	1074	1002	26
14P1	397	448	391	485	495	443	479	548	507	485	525	443	31	494	508	492	31
15P2	403	589	454	355	477	364	313	367	292	289	289	206	21	261	274	169	21
14Q	272	321	307	318	361	296	315	351	309	298	355	261	16	314	267	261	16

17S	348	367	322	322	369	297	301	407	314	317	398	290	27	36	342	327	27
18Q2	113	129	108	112	136	115	102	142	104	111	129	94	8	122	99	105	8
19Q1	186	231	215	227	272	202	199	242	218	217	274	198	14	257	200	189	14
20Q3	209	286	317	295	252	215	261	303	229	222	270	178	13	239	203	221	13
21J	355	375	314	375	413	371	362	461	369	360	459	343	19	440	363	335	19
22J1	681	587	673	570	667	522	469	570	496	503	596	477	25	576	504	474	25
23R	841	1794	1736	734	912	774	789	894	798	761	1418	613	34	828	729	647	34
24M	324	211	194	202	249	241	234	259	210	198	206	160	7	309	240	223	7
25L	419	467	390	446	483	471	385	475	437	415	468	353	22	407	345	400	22
26N1	1146	1270	1248	1121	1349	1183	1228	1437	1307	1443	1379	1104	38	1118	1275	1417	38
27N	24	440	399	371	452	409	411	315	564	426	511	282	4	429	352	531	4
28E	1263	1387	1202	1316	1650	1532	1463	1734	1308	1198	1402	1072	48	1338	1128	1445	48
29 E1	1033	1299	992	1217	1345	1022	1120	1435	1427	1099	1355	983	46	1100	1079	1107	47
30 U	568	683	554	576	624	499	566	704	555	546	570	442	20	575	535	506	20
31 I	249	284	255	434	356	297	314	331	314	284	352	266	18	442	345	323	19
32U2	122	114	86	153	90	87	95	139	120	108	125	117	10	166	148	110	11
33L1	506	444	402	595	540	484	543	472	390	395	582	332	19	553	421	473	18
34D	998	1229	1152	1090	1352	1185	1181	1330	1130	1193	1340	965	52	1196	1005	1064	52
35H	912	1043	841	1024	1174	1079	1105	1396	1162	1008	1161	889	54	1125	986	906	53

37C	847	890	817	931	987	746	843	1107	899	830	890	935	44	1040	822	846	44
39AA	0	0	95	102	185	587	867	1543	1332	1285	1349	1199	75	1638	1280	1480	77
40BB	1012	1567	1375	1271	1773	1533	1708	2417	2310	2186	2014	1764	90	2272	2339	2624	99

Fuente: Elaboración propia, 2018