

UNIVERSIDAD NACIONAL FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES

Título:

*Propuesta de plan de seguridad del agua (PSA) para la ASADA Llano Grande de Picagres de
Mora, período 2021-2022.*

Trabajo Final de Graduación

Modalidad:

Proyecto de Graduación

Autor:

Raphael Huddleston Flores

Heredia, Costa Rica

Mayo, 2023

Tribunal Examinador aprobó el trabajo titulado:

Propuesta de plan de seguridad del agua (PSA) para la ASADA Llano Grande de Picagres de Mora, período 2021-2022 como un requisito parcial para optar al grado de Licenciado en Ingeniería en Gestión Ambiental.

TRIBUNAL EXAMINADOR

Mtr. Marvin Alfaro Sánchez

Representante Decanato, FCTM

Mtr. Ligia Dina Solís Torres

Tutora

Mtr. Miguel Calderón Quesada

Lector

Dr. Pablo Ramírez Granados

Representante de EDECA

Mtr. Susana Méndez Alfaro

Lectora

Bach. Raphael Huddleston Flores

Postulante

Resumen Ejecutivo

El presente proyecto tuvo como objetivo diseñar una propuesta de Plan de Seguridad del Agua para la ASADA de Llano Grande de Picagres de Mora, mediante la utilización del “Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua de la OMS”, con el propósito de dar un mejoramiento sistemático a la seguridad y la calidad del agua de consumo.

Para esto se emplearon una serie de herramientas orientadas a la generación de información y a la identificación de los peligros presentes en todas las etapas del sistema de recolección, tratamiento, distribución, operación y administración del agua potable. Estas herramientas incluyeron: la realización de una encuesta de percepción a una muestra aleatoria de los usuarios de la ASADA, enfocada en la percepción de calidad del agua, la preparación ante emergencias y sobre el servicio brindado, la realización de un balance hídrico para analizar la producción de las fuentes actuales del sistema y su capacidad para satisfacer la demanda actual y futura de la comunidad, el análisis de varios parámetros fisicoquímicos, con el objetivo de aportar un entendimiento mayor a la condición actual de la calidad del agua del acueducto, la realización de un ejercicio de cartografía social, con el fin de generar una descripción espacial del sistema y obtener información respecto a desastres naturales y eventos históricos de la comunidad y por último la elaboraron y aplicación de una serie de matrices basadas fundamentalmente en las Guías de Calidad para el Agua Potable de la OMS, la herramienta GIRA del PNUD y la matriz SERSA del Ministerio de Salud, con el propósito de realizar un diagnóstico para identificar los peligros y los riesgos asociados en cada uno de los componentes del sistema. A partir de toda la información generada se diseñó un plan de mejora con propuestas para cada hallazgo.

Como resultado general, se encontraron un total de 41 eventos peligrosos en la etapa de identificación de peligros, de los cuales 15 mostraron un nivel de riesgo alto o muy alto y 17 un nivel medio, siendo estos considerados como los puntos críticos del acueducto dentro Plan de seguridad del agua y los que deben ser atendidos como prioritarios.

Las nacientes del acueducto presentaron peligros con niveles de riesgo muy alto, específicamente relacionados con la ausencia o el mal estado de camaradas de captación y la existencia de condiciones que fomentan la presencia de ganado en sus alrededores. Siendo este el componente del acueducto que presentó los mayores niveles de riesgo.

Dedicatoria

Quiero dedicarle este trabajo a mi querida madre que con su gran ejemplo me ha enseñado, a pesar de las adversidades, a siempre seguir hacia delante, a trabajar muy fuerte y a nunca rendirme.

Agradecimientos

Quiero agradecer a mis amigos por siempre estar presentes, en las buenas y en las malas, creyendo en mí y apoyándome. Han sido una luz en la oscuridad.

Quisiera darle un agradecimiento especial a don Minor y a don Sergio de la ASADA de Llano Grande, por abrirme las puertas a su hermosa comunidad, por apoyarme y por enseñarme tanto.

Agradezco a mi tutora Ligia y a mis Lectores, Susana y Miguel por aceptar acompañarme y aconsejarme en este largo proceso de aprendizaje.

Por último, quisiera agradecer a mi familia, por ser mi sostén, mi compás y mi ejemplo a seguir.

Índice

I. Capítulo 1. Introducción.....	9
1.1 Antecedentes.....	9
1.1.2 Situación del agua potable en Costa Rica	13
1.1.3 Gestión de la adaptación al cambio climático en Costa Rica.....	15
1.1.4 ASADA de Llano grande de Picagres de Mora	17
1.2 Problema.....	17
1.3 Justificación.....	18
1.2 Objetivos.....	20
1.2.1 Objetivo General:.....	20
1.2.2 Objetivos específicos:	20
1.3 Marco teórico.....	21
1.3.1 Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados (ASADAS)	21
1.3.2 Planes de seguridad del agua	22
1.3.3 Herramienta para la Gestión Integral de Riesgos en ASADAS (GIRA).....	24
1.3.4 Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud (SERSA).....	25
1.3.5 Marco normativo.....	26
1.3.6 Parámetros elementales de las aguas.....	26
1.3.7 Sistema de abastecimiento de agua	29
1.3.7.1 Captación	29
1.3.7.2 Tratamiento	29
1.3.7.3 Desinfección.....	30
1.3.7.4 Almacenamiento	30
1.3.7.5 Red de distribución	30
1.3.8 Balance Hídrico	31
1.4 Marco metodológico.....	31
1.4.1 Alcance	31
1.4.2 Enfoque de la investigación	31
1.4.3 Diseño de investigación	32
1.4.4 Fase metodológica uno, descripción y diagnóstico.....	32
1.4.4.1 Reunión con administración de la ASADA.....	32
1.4.4.2 Conformación del equipo de trabajo	33
1.4.4.3 Recopilación de información de operación y amenazas naturales	33
1.4.4.4 Descripción del sistema de agua potable.....	34
1.4.4.5 Encuesta de percepción	34
1.4.4.6 Cálculo del Balance Hídrico de la ASADA	35
1.4.5 Fase metodológica dos, identificación de peligros y evaluación de riesgos	36
1.4.5.1 Diagnostico e.....	36
Identificación de peligros	36
1.4.5.2 Evaluación de los riesgos asociados a cada evento peligroso y la determinación de puntos críticos.	37
1.4.6 Fase metodológica tres, elaboración del plan de mejora y monitoreo.	40

1.4.6.1 Plan de mejora.....	40
1.4.6.2 Desarrollo de un plan de monitoreo de las medidas de control del PSA.....	41
1.4.6.3 Elaboración de un documento guía ante emergencias	41
II. Capítulo 2. Resultados	42
2.1 Fase uno, descripción y diagnóstico.	42
2.1.1 Caracterización del contexto local de la ASADA de Llano Grande	42
2.1.1.2 Diagnóstico socio ambiental	42
2.1.1.3 Ubicación geográfica	42
2.1.1.4 Geomorfología	43
2.1.1.5 Aspectos climáticos.....	47
2.1.1.6 Hidrografía	50
2.1.1.7 Cobertura Forestal.....	50
2.1.2 Características generales de la ASADA de Llano Grande	51
2.1.2.1 Características administrativas de la ASADA.....	51
2.1.2.2 Operación y mantenimiento	57
2.1.3 Descripción del Sistema.....	58
2.1.3.1 Captación del agua	58
2.1.3.2 Tratamiento	65
2.1.3.3 Almacenamiento	66
2.1.3.4 Tuberías de conducción y distribución.....	72
2.1.3.5 Recolección, uso de agua y tratamiento doméstico	73
2.1.4 Amenazas naturales al sistema.....	73
2.1.5 Calidad del agua.....	78
2.1.5.1 Resultados de análisis fisicoquímicos realizados	78
2.1.6 Encuesta de Percepción.....	81
2.1.7 Balance Hídrico	89
2.1.7.1 Producción de fuentes de abastecimiento	89
2.1.7.2 Cálculo de crecimiento poblacional	90
2.2 Fase dos, identificación de peligros y evaluación de riesgos	94
2.2.1 Diagnostico e Identificación de Peligros de los componentes del acueducto.	94
2.2.1.1 Diagnostico de peligros en las Nacientes.	94
2.2.1.2 Diagnostico de peligros en los tanques	94
2.2.1.3 Diagnostico de peligros en las redes de conducción y distribución.	95
2.2.1.4 Diagnostico de peligros sobre las condiciones administrativas y de operación del acueducto.	95
2.2.2 Evaluación de Riesgos y Determinación de los Puntos Críticos.....	96
2.2.2.1 Evaluación de Riesgos y Determinación de los Puntos Críticos en las nacientes	96
2.2.2.2 Evaluación de Riesgos y Determinación de los Puntos Críticos en los tanques.....	98
2.2.2.3 Evaluación de Riesgos y Determinación de los Puntos Críticos en las redes de conducción y distribución.	100
2.2.2.4 Evaluación de Riesgos y Determinación de los Puntos Críticos relacionados con la operación y calidad del agua en el acueducto.	100
2.3 Fase metodológica tres, elaboración del plan de mejora y monitoreo.	101
2.3.1 Plan de Mejora	101
2.3.1.1 Planes de mejora en las nacientes.....	101
2.3.1.2 Planes de mejora en los tanques	108
2.3.1.3 Planes de mejora en las redes de conducción y distribución	114
2.3.1.4 Plan de mejora para los peligros relacionados con la operación y calidad del agua en el acueducto. ...	115
2.3.2 Plan de Monitoreo y Procedimientos de operación.....	117

2.3.3 Guía Ante Emergencias	123
2.3.4 Programas de Educación Ambiental	127
3.1 Conclusiones	128
3.2 Recomendaciones	131
3.3 Bibliografía.....	133
3.4 Anexos.....	141
Anexo 1. Legislación y reglamentos vinculados al agua para consumo humano en Costa Rica	141
Anexo 2. Parámetros de control de Calidad del Agua y sus límites máximos permitidos por el Decreto para el nivel primer nivel de control (N1).	143
Anexo 3. Machote empleado para conformación de la lista de Equipo de PSA	144
Anexo 5. Formato de la encuesta aplicada al equipo de PSA y al fontanero, como insumo para la etapa de la descripción del Sistema de distribución de agua potable	146
Anexo 6. Simbología para la elaboración del mapa del sistema de distribución de agua	160
Anexo 7. Instrumento guía de observación del sistema de acueducto la ASADA.....	162
Anexo 8. Plan de muestreo	165
Anexo 9. Encuesta de percepción Contacto: Raphael Huddleston Flores tel.:.....	165
Anexo 10. Matrices de Diagnostico e Identificación de Peligros de los componentes del acueducto.	168
Anexo 10.1. Matriz de identificación de peligros, naciente Chucás.	168
Anexo 10.2. Matriz de identificación de peligros, naciente Ramiro.	169
Anexo 10.3. Matriz de identificación de peligros, naciente Bajo los Guevara.....	171
Anexo 10.4. Matriz de identificación de peligros, naciente Valverde.....	173
Anexo 10.5. Matriz de identificación de peligros, Tanque Guevara.	174
Anexo 10.6. Matriz de identificación de peligros, Tanque Ramiro.....	176
Anexo 10.7. Matriz de identificación de peligros, Tanque Arias.....	177
Anexo 10.8. Matriz de identificación de peligros, Tanque Cruce.	178
Anexo 10.9. Matriz de identificación de peligros, redes de conducción y distribución.	179
Anexo 10.10. Matriz de identificación de peligros, condición administrativa del acueducto.	180
Anexo 10.11. Matriz de identificación de peligros, condición en la operación y calidad del agua.....	181
Anexo 11. Evaluación de Riesgos y Determinación de los Puntos Críticos	182
Anexo 11.1. Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en la naciente Chucás.....	182
Anexo 11.2. Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en la naciente Ramiro.	183
Anexo 11.3. Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en la naciente Bajo los Guevara.	185
Anexo 11.4. Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en la naciente Valverde.	186
Anexo 11.5. Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en el tanque Guevara.....	189
Anexo 11.6. Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en el tanque Ramiro.	190
Anexo 11.7. Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en el tanque Arias.	192
Anexo 11.8. Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en el tanque Cruce.....	193
Anexo 11.9. Evaluación de Riesgos y Determinación de los Puntos Críticos en las redes de conducción y distribución.	193
Anexo 11.10. Evaluación de Riesgos y Determinación de los Puntos Críticos relacionados con la operación y calidad del agua en el acueducto.	194
Anexo 12. Presupuesto del proyecto	196

I. Capítulo 1. Introducción

1.1 Antecedentes

El agua es esencial para la vida en el planeta Tierra, pero dependiendo de su calidad y composición, puede tener efectos tanto positivos como negativos para los seres humanos. No toda el agua que se utiliza para consumo humano posee las características de calidad adecuadas para fomentar la buena salud de las personas, ya que esta puede contener contaminantes microbiológicos, químicos o físicos. La responsabilidad de hacerle frente a estos peligros constantes recae sobre los mismos consumidores, los entes gubernamentales y en mayor medida sobre los administradores de los acueductos de agua potable, pues son quienes brindan el servicio de suministro del recurso y por ende quienes deben asegurar la calidad de este.

Con el fin de fomentar el bienestar general, prevenir el brote de enfermedades y asegurar la calidad del agua potable, la Organización Mundial de la Salud (OMS), genera la metodología de Los Planes de Seguridad del Agua (PSA), que son planes que tienen como objetivo garantizar sistemáticamente la seguridad y la calidad del agua de consumo suministrada por un acueducto. La OMS (2009) los describe de la siguiente manera:

La forma más eficaz de garantizar sistemáticamente la seguridad de un sistema de abastecimiento de agua de consumo es aplicando un planteamiento integral de evaluación de los riesgos y gestión de los riesgos que abarque todas las etapas del sistema de abastecimiento, desde la cuenca de captación hasta su distribución al consumidor. Este tipo de planteamientos se denominan “planes de seguridad del agua” (PSA). (p.49)

Con el fin de facilitar la aplicación de los PSA, la OMS crea el Manual para el Desarrollo de Planes de Seguridad del Agua en el 2009, este describe una línea de ejecución para su debida implementación; Bartram (2009) expresa que este manual consiste de los siguientes lineamientos:

- a) Formación de un equipo coordinador
- b) Descripción del sistema de suministro de agua
- c) Determinación de los peligros y eventos peligrosos y evaluación de los riesgos
- d) Elaboración, ejecución y mantenimiento de un plan de mejora o modernización

- e) Verificación de la eficacia del PSA
- f) Elaboración de procedimientos de gestión y programas complementarios

En la práctica cada PSA presenta algunas variantes particulares para cada caso específico. En el ámbito internacional se pueden destacar los ejemplos brindados por el mismo Manual para el Desarrollo de Planes de Seguridad del Agua de la OMS, que expone casos exitosos de aplicación de la metodología de PSA alrededor del mundo en acueductos con características muy variadas en cuanto a su tamaño y los recursos que poseen. El manual da descripciones de resultados obtenidos durante el desarrollo de PSA para sistemas robustos en Australia y el Reino unido, donde el suministro de agua es continuo, donde se posee infraestructura moderna en buen estado de mantenimiento y donde hay cumplimiento de las normas de calidad del agua aplicadas. Por otro lado, el manual también ejemplifica casos de estudios en América Latina y el Caribe, donde los acueductos presentan suministros intermitentes de agua, características de infraestructura de distribución y almacenamiento deficientes, y donde las normas sobre la calidad del agua se encuentran definidas de manera incompleta (Bartram, 2009).

Así como los ejemplos anteriores, debido a que esta metodología es fomentada por la OMS a nivel mundial, existen muchísimos ejemplos de su aplicación con variaciones a lo que dicta el manual como tal, estos consideran la realidad particular de cada región. A continuación, se detallan algunos ejemplos de la aplicación de PSA en diferentes partes del mundo.

Un ejemplo de esta metodología aplicada en un acueducto de gran tamaño es el estudio de desarrollo e implementación del PSA para el municipio de Florencia, Italia. El cual presenta la característica particular de poseer dos plantas de tratamiento de agua potable y abastecer a una gran población, unos 380.000 habitantes. El principal recurso hídrico del municipio de Florencia es el río Arno, caracterizado por variaciones en la calidad y cantidad del agua que posee, debido a una extensa contaminación antropogénica. Como parte de los resultados del proceso, se lograron identificar más de 70 eventos peligrosos, donde la captación y la fase de tratamiento fueron las partes del sistema que presentaron el mayor porcentaje de estos eventos. De acuerdo con los resultados del análisis de riesgos, las principales acciones correctivas identificadas fueron la instalación de una estación de alerta temprana para pronosticar los cambios en la calidad del agua

de la fuente, el análisis de los principales contaminantes de preocupación emergentes en el agua tratada y la instalación de sondas de turbidez en las tuberías con menor velocidad de flujo (Mucio et al., 2020).

Otro ejemplo que destacar sobre la aplicación de la metodología de PSA en acueductos urbanos de gran tamaño, es el del poblado de Bandaharjo en el norte de la ciudad de Semarang en Indonesia, que presenta la característica de ser una zona urbana de bajos recursos económicos. Históricamente esta zona ha sufrido de inundaciones por las altas mareas, y debido a esta característica particular, la comunidad ha recurrido a utilizar aguas subterráneas profundas como la fuente principal de agua potable para unas 18.904 personas. Debido a que esta agua se consumía sin ningún proceso de desinfección, en el año 2007 el departamento de salud del país realizó un estudio de análisis microbiológico del agua, donde se mostró que más del 90% de las muestras recolectadas tenían una mala calidad bacteriológica. A raíz de esto, se decide coordinar la ejecución de un PSA, en donde participaron más de 30 personas, incluyendo los propietarios de los pozos de aguas subterráneas profundas, usuarios, funcionarios de salud del gobierno y organizaciones comunitarias. Dentro del proceso se encontraron eventos peligrosos en todas las etapas de distribución de agua potable, incluyendo problemas en la infraestructura de los pozos y las tuberías de distribución, así como focos de contaminación microbiológica provenientes de las heces de animales domésticos y silvestres. Como método de mejoramiento se propuso la incorporación de un sistema comunitario de desinfección utilizando cloro residual libre, acompañado de un extenso proceso de capacitación y concientización por parte de los funcionarios de salud sobre las ventajas y desventajas de la desinfección en el agua (Budiyo et al., 2018).

La metodología de PSA también ha demostrado ser eficaz para la identificación y corrección de peligros en sistemas de suministro de agua potable de menor tamaño y en comunidades rurales alrededor del mundo. Tal es el caso del acueducto de Sunpadali, Nepal, cuya población sufría de brotes ocasionales de fiebre tifoidea y que, durante la elaboración de su PSA, encontraron que unas diez familias pobres se habían asentado directamente encima de la captación de agua superficial del acueducto. Estos hogares se encontraban a unos 100 metros de altura sobre la toma. En las fases de descripción del sistema del suministro de agua y de la determinación de los peligros, se identificó que, debido a la condición de pobreza y hacinamiento de estas familias, aun practicaban defecación al aire libre, siendo esto la contaminación puntual del agua del acueducto. Por lo tanto,

el comité de usuarios de agua de Sunpadali y el gobierno local ayudaron a los residentes de estos hogares a construir letrinas, y en conjunto con inspecciones sanitarias periódicas, se logró evitar la contaminación microbiana en el sitio (OMS, 2012).

En cuanto al desarrollo de planes de seguridad del agua en Costa Rica, existen varios ejemplos de acueductos que los han implementado con éxito. Un ejemplo exitoso es el caso de la Asociación Administrativa de Acueducto Rural (ASADA) de San Pedro de Barva, que logró obtener el galardón Estrella Azul Marino del Programa sello de Calidad Sanitaria del AyA (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados), por la implementación total de un PSA. Este acueducto utilizó como guía el manual de la OMS, con el cual se obtuvieron resultados muy favorables. Para la etapa de descripción del sistema, se optó por usar como herramienta complementaria una encuesta de percepción social a los abonados, teniendo como resultado destacable que el 85 % de la población califica la gestión de la ASADA como excepcional y el 93 % de los usuarios muestran mucha satisfacción con la calidad del agua de consumo diario. Estos insumos fueron complementos esenciales para la etapa de evaluación peligros y riesgos, en la cual se aplicó una adaptación entre la herramienta del Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud (SERSA) del Ministerio de Salud y la matriz de evaluación semicuantitativa recomendada por el Manual para el Desarrollo de Planes de Seguridad del Agua de la OMS. Los procesos del sistema de abastecimiento únicamente mostraron peligros con riesgos bajos o nulos, siendo la red de distribución la etapa que presentó la mayor vulnerabilidad, mostrando fugas y problemas de presión como los más significativos. Estos puntos críticos fueron la base para la propuesta de plan de mejora y gestión correspondiente del PSA (Obando, Miranda, 2020).

Otro caso destacable en el país es la propuesta de PSA elaborada para la Asociación Administradora del Acueducto Rural de San Miguel de Higuito de Desamparados. Este trabajo comprende, de igual forma, la elaboración de un PSA utilizando las guías de la OMS, no obstante, se diferencia del anterior en la incorporación de otras herramientas de recopilación de datos, como la elaboración de un balance hídrico para conocer la disponibilidad en relación con la oferta y demanda hídrica actual de la ASADA, y la elaboración de una propuesta para el desarrollo de procedimientos operativos normalizados (PON) y procedimientos ante “incidentes”. Aunado a esto, en el trabajo se realizó una evaluación inicial de la calidad del agua utilizando el “Índice de Riesgos de la Calidad del Agua para el Consumo Humano de Costa Rica” (IRCACH) cuyo

objetivo es analizar el grado de riesgo que supone para la población el incumplimiento de ciertos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que se encuentran establecidos en el Decreto Ejecutivo No 38924-S Reglamento para la Calidad de Agua Potable. Con esta rúbrica el acueducto obtuvo una calificación menor a cinco según el sistema de evaluación de la herramienta, otorgándole un valor de calidad de agua de riesgo muy bajo (RMB). De igual forma, incorpora como herramienta adicional, la aplicación de un “Plan de Eficiencia y Mejora (PEM)”, que presenta como resultado una categorización de ASADA “débil”. Esta herramienta se utilizó como base para el diseño de un plan de mejora y modernización del sistema de distribución, en el cual se logran definir plazos, responsables y costos estimados de inversión (León Conejo, 2019).

Existen otros acueductos en diversas partes del país que han logrado y documentado la implementación exitosa de un PSA completo; se pueden mencionar, a modo de ejemplo, los siguientes: el Acueducto Municipal de Alajuela, el Acueducto de Jaco, el Acueducto Municipal de Belén y el Acueducto del Cantón de Jiménez en Cartago.

1.1.2 Situación del agua potable en Costa Rica

El Ministerio de Salud es el ente gubernamental encargado de vigilar la calidad del agua que consume toda la población del país. Esto se establece en la Ley General de Salud, donde en su artículo 268 estipula que la labor de vigilar la calidad del agua potable, en todos los sistemas de abastecimiento del país, es una función propia de este Ministerio. Aunado a esto, dentro de sus responsabilidades, debe establecer la regulación de parámetros de valores máximos admisibles en aspectos microbiológicos, físicos y químicos del agua para consumo humano, y así mismo, debe asegurar la identificación de factores de riesgo en los componentes de los sistemas de abastecimiento de agua. Es con este fin que se crea el decreto No 38924-S Reglamento para la Calidad de Agua Potable, el cual establece justamente estos límites máximos permisibles y la periodicidad en la que se deben de realizar los respectivos análisis; de igual manera incorpora las inspecciones sanitarias por parte del ministerio como método de revisión sobre el estado de las diferentes estructuras de un sistema de abastecimiento de agua potable (Ministerio de Salud de Costa Rica, 2021).

La relación del Ministerio de Salud con los PSA se expresa en el artículo dos de la Directriz N° 032-S Implementación de los planes de seguridad del agua y la Participación del Ministerio de

Salud (2018), donde se especifica que el ministerio debe dar seguimiento a los PSA que sean liderados por los entes operadores respectivos, mediante la incorporación de funcionarios de las Áreas Rectoras de Salud en cada equipo de trabajo de PSA.

Por otra parte, la responsabilidad de administrar y operar directamente todos los sistemas de acueductos y alcantarillados del país recae sobre AyA, institución que fue creada en 1961. La Ley de su creación, la No. 2726 Ley de Creación del Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillados (1961), establece que es responsabilidad de este ente resolver todo lo relacionado con el suministro de agua potable y recolección y evacuación de aguas negras. El artículo 2, inciso g, de esta misma ley, indica lo siguiente:

Queda facultada la institución para convenir con organismos locales, la administración de tales servicios o administrarlos a través de juntas administradoras de integración mixta entre el Instituto y las respectivas comunidades, siempre que así conviniere para la mejor prestación de los servicios y de acuerdo con los reglamentos respectivos.

Lo anterior permite que, más allá del AyA, existan otros tres entes que pueden fungir como operadores oficiales de acueductos de agua potable en el país: las municipalidades, la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) y los acueductos rurales (ASADAs y CAARs). En conjunto estos abastecen a un total de 4.843.383 habitantes en todo el país, de los cuales un 92,4% recibieron agua de calidad potable o gestionada en forma segura (Mora Alvarado y Portuguesez, 2019).

Si bien el país presenta una alta cobertura de abastecimiento de agua potable por parte de estos entes operadores, también presenta retos y debilidades de infraestructura y de administración que impiden el manejo apropiado del recurso y el aseguramiento de la calidad para toda la población, especialmente en zonas rurales. Un alto porcentaje de esta cobertura es administrada por operadores comunales pequeños, que son los que presentan los mayores problemas para el servicio. Tal es el caso de las ASADAs, que de acuerdo con El Informe del Estado de la Nación (2020), abastecen a un 29% de la población del país, y de estas un 20 % operan en condiciones informales, es decir, presentan carencias de equipos básicos, como computadoras, macro y micromedidores y por lo general no llevan control de sus estados financieros. El informe menciona también que un

18.2% del área construida en el país durante los años 2016-2019 se ubica en zonas abastecidas por una ASADA con problemas para brindar un servicio de calidad.

Debido a esta situación, Costa Rica presenta una brecha desigual en términos de acceso a calidad de agua potable. Donde un 96,4% de la población urbana recibió agua de calidad potable, mientras que el área rural, donde la mayor parte de los entes son las ASADAs y los CAARs, únicamente un 84,4% recibió esta misma calidad (Mora Alvarado y Portuguese, 2019).

Abastecer a esta población sin acceso a agua potable es el principal reto en el manejo del recurso hídrico que enfrenta el país. La resolución a este problema requiere dedicar los esfuerzos al fortalecimiento de los acueductos rurales, que son los que presentan las mayores dificultades en temas de administración, medición de consumos, aplicación de tarifas, inversiones en infraestructura y mantenimiento de los acueductos, entre otros (Sánchez, 2020).

1.1.3 Gestión de la adaptación al cambio climático en Costa Rica

Las amenazas que presenta el cambio climático deben ser consideradas a la hora de implementar un PSA, ya que tanto la probabilidad como la gravedad de las consecuencias derivadas de eventos peligrosos se ven alteradas a causa de la variabilidad del cambio climático en términos de escasez y calidad del agua. Al describir el sistema de suministro de agua, el equipo del PSA debe considerar las condiciones actuales y futuras que tienen el potencial de un impacto relacionado con el clima en los recursos hídricos o la infraestructura del sistema de suministro de agua. Para recopilar la información requerida, los equipos de PSA deben aprovechar la experiencia y el conocimiento de los miembros centrales más experimentados del equipo e incorporar información de fuentes complementarias. En el proceso de elaboración de PSA se debe incluir la preparación para incidentes, desastres y eventos extremos (OMS, 2017).

El cambio climático es un factor que presenta grandes retos para los acueductos en el país, los fenómenos hidrometeorológicos presentan impactos directos a la capacidad de los acueductos para otorgar el servicio de agua potable de manera eficiente. El daño a la infraestructura es la principal afectación causada por el impacto indirecto de huracanes del Caribe y los frentes fríos, y se estima que entre los años 2005 y 2011 los daños en infraestructura en el país a causa de estos fenómenos

presentaron pérdidas de cerca de US\$711,04 millones, de las cuales cerca de un 50% se produjeron en zonas rurales y un 32% en zonas urbanas. (GWP, 2017). Según estimaciones de costos económicos, un aumento de 2,5 °C de la temperatura mundial significa un aumento en costos que fluctuarían entre 1,5% y 5% del PIB actual en toda la región latinoamericana (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2018).

En relación con las afectaciones causadas a las ASADAs, se puede utilizar como ejemplo lo ocurrido durante la tormenta Nate en el 2017. Valerio (2018) realizó un estudio sobre las afectaciones de este fenómeno en veintidos ASADAS del cantón de Quepos, en el cual se demostró que existe gran vulnerabilidad presente en esa zona. Entre las afectaciones de la tormenta a los acueductos, se pueden recalcar: los problemas de distribución del agua a causa de daños a la infraestructura de los acueductos (tuberías rotas), el acceso restringido a diferentes zonas debido a derrumbes y caída de árboles, la ausencia de tanques de almacenamiento y la contaminación del agua por los deslizamientos, entre otros.

En Costa Rica la Dirección de Cambio Climático del MINAE, es el ente encargado de coordinar y gestionar la política pública de cambio climático. Su principal responsabilidad es la implementación del Programa País Carbono Neutralidad y la Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2018-2030, este último documento contiene los lineamientos bases sobre los esfuerzos hacia la adaptación al cambio climático, con los cuales se ha comprometido el país. El lineamiento 1.4. de dicho documento dicta sobre la importancia de la Gestión y la participación comunitaria en la adaptación, con el fin de reducir la vulnerabilidad al cambio climático, de las comunidades y hogares (Giro, P. y Delgado, I. 2018).

En esta misma línea, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) Costa Rica, también ha desarrollado esfuerzos para fortalecer las capacidades de adaptación al cambio climático en el país. En el 2016 inicia el proyecto de Fortalecimiento de acueductos comunales con el objetivo de fortalecer la capacidad en infraestructura y funcionamiento de más de 300 ASADAs de la zona norte del país. Dentro de los objetivos del proyecto, se pretendió incorporar medidas de adaptación basadas en los ecosistemas, con un énfasis en la participación de personas usuarias de los servicios de las ASADAs en las mismas comunidades, y fomentar la idea de que todas las personas son responsables de la protección y preservación del recurso hídrico. Este

proyecto, que finalizó en marzo del 2021, contó con el auspicio del Global Environment Fund Trust, con un Monto aportado de \$5,147,629. (PNUD, s.f.).

1.1.4 ASADA de Llano grande de Picagres de Mora

El acueducto de Llano grande de Picagres de Mora se encuentra ubicado en el distrito rural de Picagres; sus operaciones como acueducto formal inician como un Comité de Acueducto Rural o CAAR, y no es hasta el 2001 que se tramitan los permisos para convertirse formalmente en una Asociación Administrativa de Acueducto Rural o ASADA. En la actualidad el acueducto atiende a 237 abonados y su sistema de distribución comprende cuatro nacientes como fuente principal de suministro de agua, cada una con su respectivo tanque de almacenamiento y una red de distribución propia. En cuanto a personal, la ASADA está compuesta por seis personas dentro de su junta directiva y cuenta con la contratación fija de un fontanero y una persona encargada de cobros. Actualmente, no han incursionado en el proceso de obtención de ningún nivel de certificación dentro del programa sello calidad sanitaria del AyA y de similar forma, tampoco han incursionado en la elaboración de un plan de seguridad del agua para el acueducto.

1.2 Problema

El problema concreto de muchas ASADAs consiste en la falta de recursos económicos y técnicos para poder operar en la formalidad, de manera que se garantice la calidad constante de suministro de agua potable, cumpliendo con todas sus responsabilidades legales y al mismo tiempo adaptándose y haciéndole frente al creciente reto que presenta el cambio climático para el manejo apropiado del recurso hídrico.

La ASADA de Llano Grande, no escapa de esta realidad, actualmente no cuenta con un PSA, ni cuenta con el conocimiento técnico ni el acompañamiento para lograr su implementación dentro de las fechas exigidas por la Directriz 032-S Implementación de los planes de seguridad del agua y la Participación del Ministerio de Salud, que es en esencia, la herramienta metodológica principal exigida por el AyA y el Ministerio de Salud para el aseguramiento del agua potable y la planificación de los riesgos del sistema para mantener la calidad del servicio a los usuarios.

1.3 Justificación

El 9 de setiembre del año 2016, Costa Rica se convierte en el primer país a nivel mundial en firmar un Pacto Nacional por el Avance de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), convirtiéndolos en un compromiso de alta importancia a nivel país. Las implementaciones de PSA en los diferentes acueductos del país contribuyen directamente con la implementación del ODS número seis “Agua Limpia y Saneamiento”, que está enfocado en garantizar la gestión integrada de los recursos hídricos, mejorar la calidad del agua y asegurar su disponibilidad y su gestión sostenible para todos a un precio asequible (Objetivos de Desarrollo Sostenible Costa Rica, s.f.).

Los planes de seguridad del agua contribuyen de manera directa con el ODS número seis, ya que son una metodología esencial para el manejo apropiado del recurso hídrico, que permite fortalecer las capacidades administrativas de la junta directiva y del personal técnico y administrativo de los acueductos. Su enfoque de identificación, evaluación y gestión de riesgos permite el aseguramiento óptimo del tratamiento y la calidad del agua, priorizando los puntos críticos encontrados dentro del sistema de abastecimiento (Bartram, 2009).

No obstante, el cumplimiento de todas las obligaciones y exigencias técnicas y legales puede presentar retos muy considerables para las ASADAs, más si se toma en cuenta que un alto porcentaje de estas organizaciones trabajan en la informalidad debido a la falta de recursos. Esta dificultad se aumenta si se considera que este proceso lo realizan sin un apropiado acompañamiento técnico. La gran mayoría de estas Asociaciones necesitan del aporte en conocimientos, herramientas e inversión con el fin de hacer frente a los diferentes peligros y amenazas a las que están expuestas, incluyendo fenómenos climáticos. El apego a los requisitos legales no debe ser visto como un obstáculo, si no más como un paso indispensable hacia el aseguramiento de la calidad de agua y el resguardo de la salud de la población. Con esto en mente, cualquier apoyo o acompañamiento hacia el cumplimiento de dicha normativa es un aporte muy considerable (Paniagua Alfaro y Rodríguez Alfaro, 2019).

Aunado a lo anterior, y a pesar de todos los retos socioeconómicos con los que deben lidiar las ASADAs para mantener su viabilidad, estas presentan una gran responsabilidad agregada por el hecho de ser prestadoras de un servicio público. Esto conlleva cumplir de manera obligatoria con toda una serie de lineamientos y una normativa nacional extensa pertinente al recurso hídrico, lo

cual en sí mismo presenta un gran reto administrativo. La elaboración de un PSA es en sí uno de estos requisitos obligatorios, como lo estipula la directriz N° 032-S, que establece que los acueductos comunales (Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios y los Comités Administradores de Acueductos Rurales) deben contar con plan de seguridad del agua a partir del 1° de enero del 2019 al 1° de enero del 2022.

La implementación de un PSA presenta una metodología viable para los acueductos pequeños, ya que se centra en una amplia participación comunitaria, donde las decisiones se toman por parte de un equipo de trabajo conformado por integrantes de la misma comunidad. Este enfoque dirige soluciones a problemas con aportes orientados a la realidad de cada comunidad y cada asociación. Un trabajo de PSA que se lleva a cabo, no siempre concluye con la necesidad de realizar inversiones nuevas, que conlleven grandes gastos, sino que puede bastar con examinar, documentar y administrar mejor las prácticas y realizar cambios en la gestión y operación. En otros casos, puede ser necesario aplicar cambios o mejoras a la infraestructura existente y la adquisición de otros insumos, pero de ser así, sería la misma asociación y la comunidad los que tienen la posibilidad de valorar su implementación, su grado de urgencia y los recursos que están dispuestos a disponer (Bartram, 2009).

Este trabajo no solo pretendió contribuir con el aseguramiento de la calidad del agua de consumo de la comunidad rural de Llano Grande de Picagres de Mora, sino que también planteo otorgarle apoyo a su ASADA en el cumplimiento de sus responsabilidades legales por medio de la formulación de una propuesta de PSA que genera un planteamiento integral respecto a la gestión de los riegos de todo su sistema de abastecimiento, desde la captación hasta su distribución a los consumidores.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General:

Diseñar una propuesta de Plan de Seguridad del Agua para la ASADA de Llano Grande de Picagres de Mora, mediante la utilización del “Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua de la OMS”, con el propósito de dar un mejoramiento sistemático a la seguridad y la calidad del agua de consumo.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Realizar un diagnóstico de los diversos componentes del acueducto, a través de la recopilación de información, encuestas y visitas de campo, para la determinación del estado actual de la ASADA y sus diversas instalaciones.
- Determinar los riesgos del sistema de abastecimiento de agua de consumo, mediante un método de clasificación semicuantitativo, para la identificación de puntos críticos de afectación a la seguridad del agua.
- Elaborar una propuesta de plan con los lineamientos y acciones para la generación de una estrategia de seguridad del agua para la ASADA de Llano Grande de Mora, mediante el trabajo en conjunto con un equipo conformado por personas de la comunidad.

1.3 Marco teórico

1.3.1 Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados (ASADAS)

Las ASADAS son entes que surgen a partir del común acuerdo entre vecinos de una comunidad, y su principal objetivo es colaborar de manera permanente en la administración, construcción, mantenimiento, desarrollo y operación de un sistema de acueductos y alcantarillados en aquellas localidades en las que ni el AyA ni la municipalidad respectiva prestan los servicios de abastecimiento de agua potable y saneamiento. (CEDARENA, 2013 y AyA, 2015).

El AyA es el ente encargado de la administración y operación de todos los sistemas de acueductos y alcantarillados del país, y es quien delega estas responsabilidades a las ASADAS, manteniendo su obligación de vigilar y fiscalizar la gestión del agua potable. El Decreto N°. 37169-S-MINAET: Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunes 2005, expresa que el AyA tiene la responsabilidad de velar por el cumplimiento de las responsabilidades de las ASADAS y puede intervenir en todos los asuntos referentes a la operación, mantenimiento y administración de estas organizaciones.

Las responsabilidades y obligaciones que deben cumplir las ASADAS se encuentran detalladas en el Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales N.º 42582-S-MINAE. Entre ellas se pueden destacar:

- Cumplir con los requisitos de todas las normativas, directrices y criterios que aporte el AyA relacionadas con su funcionamiento y la prestación de servicios públicos.
- Mantener un programa de protección del recurso hídrico, vigilancia de las Áreas de Protección y velar por la ejecución de acciones para la conservación y protección del recurso.
- Mantener registro de fuentes, caudal y aforos mensuales y presentarlos ante la Dirección de Aguas del MINAE.
- Diseñar y ejecutar todas las construcciones del Sistema de Agua Potable de acuerdo con las normas técnicas emitidas por el AyA. Esto aplica de igual forma con las normas técnicas de operación y mantenimiento del sistema.

- Mantener permanentemente un control de la calidad de sus aguas, realizando muestreos y análisis respectivos con un laboratorio acreditado.
- Convocar cuando sea necesario a asamblea a los asociados para tratar asuntos que requieran acción comunal y sean relacionados con el servicio.

1.3.2 Planes de seguridad del agua

Un Plan de Seguridad del Agua (PSA), es un plan cuya metodología tiene como objetivo garantizar de manera sistemática la seguridad del agua potable a través de un enfoque de gestión de riesgos. Tiene la intención de abarcar todas las etapas de un sistema de distribución y suministro de agua potable, desde la captación hasta la llegada del agua al consumidor. La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Asociación Internacional del Agua (IWA) desarrollaron un manual de PSA en 2009, cuyo fin principal es ayudarle a los proveedores de servicios de agua potable a desarrollar e implementar los PSA (Asociación Internacional del Agua [IWA], s.f.).

Según el manual PSA (OMS, 2009), el planteamiento para su elaboración, de manera sistemática, consiste en la realización de una serie de pasos:

1. Formación del equipo del PSA:

Este paso consiste en la conformación de un equipo de trabajo de PSA, integrado principalmente por personas que forman parte de la administración del acueducto o por personas de la misma comunidad que estén comprometidas con participar en el mejoramiento de la calidad y la seguridad del agua que consumen, mediante la adopción de la metodología para el desarrollo de PSA. El equipo conformado debe contar con conocimientos suficientes sobre el manejo, operación, tratamiento y distribución del agua en todo el sistema, y debe poder identificar los peligros que pueden afectar a la seguridad del agua en cada una de estas etapas.

2. Descripción del sistema de suministro de agua

Este paso consiste en identificar todas las normas sobre calidad del agua pertinentes al acueducto y realizar una descripción detallada del sistema de suministro que incluya:

- La identificación de las fuentes de agua y otras fuentes que puedan usarse si surgiera la necesidad.
- Los pormenores sobre el uso de tierras cercanas y los patrones de escorrentía que puedan afectar las fuentes de suministro.
- Información sobre el estado de los sitios de captación y almacenamiento de agua.
- Información sobre el tratamiento del agua y los insumos de clarificación y desinfección utilizados.
- Información sobre la red de distribución del agua, su recorrido, su estado y los materiales que entran en contacto con el agua.
- Descripción de la documentación de los procedimientos actuales del acueducto.

3. Identificación de los peligros y eventos peligrosos

Esta etapa consiste en realizar un diagnóstico para determinar todos los posibles peligros de tipo biológico, físico y químico asociados con cada etapa del sistema de abastecimiento de agua de consumo que pueden afectar a la seguridad del agua. Se realiza mediante visitas de campo, inspecciones visuales de la infraestructura y de las zonas adyacentes a los componentes del sistema, análisis de registros y documentación sobre la calidad del agua, el estado del mantenimiento y acontecimientos pasados.

4. Evaluación el nivel de riesgo asociado a cada peligro y evento peligroso.

Esta evaluación se realiza mediante un método cualitativo o semicuantitativo, que estima la probabilidad y la gravedad o consecuencia asociada a cada peligro encontrado. La determinación se realiza determinando la probabilidad, asignando clasificaciones como “muy probable”, “posible” o “improbable” y evaluando las consecuencias de su ocurrencia por gravedad, por ejemplo “bajo”, “medio” o “alto”. La consideración más importante es el posible efecto en la salud pública. En acueductos pequeños el nivel de riesgo puede ser decidido por medio de un consenso del equipo de trabajo. En esta etapa de manera simultánea se realiza una determinación y validación de medidas de control existentes.

5. Elaboración, ejecución y mantenimiento de un plan de mejora o modernización

Si la etapa de evaluación demuestra la presencia de riesgos importantes en el sistema y no existen medidas de control eficaces, se debe diseñar un plan de mejora o modernización. Cada propuesta de mejora debe tener un debido fundamento para su aplicación, una fecha de ejecución y una persona responsable de su ejecución. Estas mejoras no necesariamente deben estar orientadas a realizar inversiones nuevas, puede bastar con la implementación de controles para examinar, documentar y corregir prácticas deficientes.

La metodología PSA es muy flexible y permite realizar mejoras incrementales y priorizadas a lo largo del tiempo cuando no se pueden minimizar todos los riesgos de inmediato debido a, por ejemplo, recursos limitados por parte del acueducto.

1.3.3 Herramienta para la Gestión Integral de Riesgos en ASADAS (GIRA)

Es una herramienta metodológica que permite a las ASADAs la identificación, evaluación y administración de riesgos asociados específicamente a desastre naturales y emergencias, con el fin de desarrollar procedimientos de prevención y mitigación. Esta herramienta se desarrolla a partir del proyecto “Fortalecimiento de las capacidades de Asociaciones de Acueductos Rurales (ASADAS) para enfrentar riesgos del Cambio Climático en comunidades con estrés hídrico en el Norte de Costa Rica” (ASADAS AYA-PNUD/GEF), conformado por el AyA y el PNUD (PNUD, 2019).

Con el fin de describir paso a paso el uso de la herramienta GIRA para el análisis de vulnerabilidades, el PNUD desarrolla la Guía de Gestión Integral de Riesgos para ASADAS (GIRA), en el 2019. Esta guía describe el proceso en los siguientes pasos:

1. Caracterización del sistema: consiste en realizar una descripción de todos las etapas e infraestructura de la ASADA. En este proceso se genera un mapa que contiene la distribución y ubicación en el entorno natural y de la comunidad.
2. Análisis de vulnerabilidades: evaluación de cuatro categorías: sanitaria, administrativa, operativa y de infraestructura.

3. Análisis de amenazas de la cuenca: identificación de amenaza en la subcuenca y su probabilidad de afectación.
4. Valoración del riesgo y prioridades: se valora el nivel de riesgo que presentan las amenazas encontradas en el punto anterior y se seleccionan las más prioritarias.
5. Administración de riesgos: Se define un plan de acción que incluye montos de inversión, financiamiento, fechas y responsables.
6. Documentación del plan: Se generan documentos resumen de cada etapa.

Aspectos de esta herramienta relacionados a la identificación de amenazas climáticas, identificación de vulnerabilidades operativas y administrativas y la preparación ante emergencias, se pretenden incorporar en la fase metodológica de identificación y evaluación de riesgos de este proyecto.

1.3.4 Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud (SERSA)

La herramienta denominada “Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud (SERSA)”, que forma parte del anexo cinco del Reglamento para la calidad del Agua Potable, Decreto N 38924-S, es la utilizada por el Ministerio de Salud como parte de su programa de vigilancia de los entes operadores de agua potable y tiene como objetivo identificar los riesgos sanitarios y de infraestructura que puedan afectar la calidad de agua potable en un acueducto. Plantea los diferentes aspectos que se deben revisar a la hora de hacer inspecciones sobre el estado de las estructuras de los diferentes componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable (captaciones, el entorno inmediato, redes de distribución, almacenamiento).

1.3.5 Marco normativo

Las principales normativas relacionadas con la operación de las ASADAS, la protección de los recursos naturales y los parámetros establecidos de control de calidad, entre otros, se encuentran detallados en el anexo 1. De interés particular para este proyecto se pueden destacar la Ley de Aguas N° 276, que regula y establece la obligatoriedad de que el suministro de agua sea de calidad potable, para evitar afectación a la salud humana, el Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales N.º 42582-S-MINAE, que estipula todas responsabilidades referentes a la administración y operación de las ASADA, cuáles son las funciones y su relación con es el AYA, el Reglamento para la calidad del Agua Potable No 38924-S que establece los límites máximos permisibles de parámetros físicos, químicos y microbiológicos para el agua potable y la periodicidad en la que se deben de realizar los análisis y la Directriz N° 032-S que establece que las ASADAs deben contar con plan de seguridad del agua a partir del 1° de enero del 2019 al 1° de enero del 2022

1.3.6 Parámetros elementales de las aguas

El Reglamento calidad de Agua Potable No 38924-S plantea los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que deben ser monitoreados por las ASADAs o por cualquier otro ente operador de un sistema de suministro de agua potable.

Este reglamento establece que los operadores deben de realizar análisis periódicos internos y por medio de la contratación de un laboratorio acreditado. Los análisis incluyen un control operativo interno y tres niveles de control de calidad del agua; un cuarto nivel de análisis ocasionales puede ser solicitados por el Ministerio de Salud cuando se presenten situaciones especiales, emergencias o por la realización de inspecciones sanitarias.

Los análisis del Control Operativo (CO) son de control interno, esto quiere decir que el mismo ente operador los puede realizar y llevar su registro, incluye los parámetros de turbiedad, olor y cloro residual libre. Los análisis y el muestreo del Nivel Primero de control de calidad del agua (N1) deben ser realizados por un laboratorio acreditado. Este último consiste en llevar un control en cinco puntos de cada sistema de distribución de agua potable: en la fuente, el almacenamiento y en tres puntos de la red de distribución. En el anexo 2 se detalla los análisis a realizar para el primer nivel de control de calidad del agua (N1).

Los muestreos y análisis de nivel uno, se deben realizar, según el reglamento, con una frecuencia semestral para acueductos con una población abastecida (habitantes) menor a 5000. Se debe tomar una muestra en cada una de las fuentes de abastecimiento, una en cada tanque de almacenamiento y tres muestras en cada una de las redes de distribución. Por otro lado, los muestreos y análisis de nivel dos y tres, para acueductos con una población abastecida (habitantes) menor a 5000, se deben realizar cada tres años, tomando una muestra en cada fuente de abastecimiento o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución y una muestra en cada red de distribución.

El reglamento de la calidad de agua potable presenta valores máximos de referencia, que en esencia representan la concentración a partir de la cual una sustancia empieza a representar un riesgo significativo para la salud de las personas, durante toda una vida de consumo. La OMS (2017) también recomienda ciertos valores de referencia provisionales que presentan concentraciones que se pueden alcanzar razonablemente mediante enfoques de tratamiento prácticos y su medición se puede realizar de manera normalizada en laboratorios analíticos.

A continuación, una descripción de algunos de los parámetros fisicoquímicos más comúnmente monitoreados en el agua potable:

Turbiedad: La turbiedad es la expresión de la propiedad óptica de la luz cuando esta, en vez de ser transmitida sin cambios en su dirección o en su nivel de flujo, es dispersada y absorbida a través de una muestra de agua. La turbidez en el agua por lo general es causada por materia coloidal en suspensión, como arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, plancton y otros organismos microscópicos (Baird y Bridge wáter, 2017).

Conductividad: la conductividad del agua es una expresión de su capacidad para conducir una corriente eléctrica. Esta propiedad está relacionada con el contenido iónico de la muestra, y esto a su vez es función de la concentración de sólidos disueltos ionizables. Por estas características y debido a su fácil medición, es utilizada como un indicador aproximado del rango en el que es probable que se disminuyan los valores de dureza y alcalinidad, y también del orden del contenido de sólidos disueltos del agua (Environmental Protection Agency [EPA], 2002).

pH: el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno de una solución y, por tanto, es una medida de si el líquido es ácido o alcalino. La escala de pH varía de 0 (muy ácido) a 14 (muy alcalino) (Environmental Protection Agency [EPA], 2001).

Cloro residual libre: cloro residual libre disponible, es la suma del cloro gaseoso (Cl_2), ácido hipocloroso (HOCl) y ion cloruro (OCl^-) presentes en agua. Las concentraciones de las especies individuales y su suma se expresan generalmente en unidades de mg / L de Cl_2 . La proporción de estas tres especies de cloro dependen de la concentración total de cloro, y las condiciones de pH y temperatura (American Water Works Association, 2011).

Los análisis de laboratorio son una parte muy importante de la verificación de la seguridad del agua potable. Sin embargo, se necesita un enfoque complementario para proteger mejor al consumidor y reducir el riesgo de que los contaminantes entren en los suministros de agua potable en primer lugar. Esto debido a que generalmente los operadores de acueductos se basan únicamente en los resultados de análisis de laboratorio para detectar la presencia de microorganismos y otros contaminantes con el fin de verificar si el agua es segura para beber. Desafortunadamente, como lo expresa la OMS (2012) la dependencia excesiva de tales pruebas tiene varios inconvenientes importantes:

- Los análisis por lo general son costosos, y esto es especialmente complicado para operadores pequeños.
- No es factible analizar la totalidad del agua suministrada, únicamente se puede muestrear una fracción distribuida, lo cual puede resultar no representativo del todo.
- Por lo general la entrega de los reportes de resultados de los análisis toman un tiempo en ser entregados, y las personas pueden enfermarse antes de que se haya identificado un problema.
- Los resultados de los análisis proporcionan poca información sobre cuándo, por qué y dónde ocurrió el evento de contaminación. Por lo tanto, incluso si se ha detectado un problema de calidad del agua, es posible que no sea del todo claro qué acciones se deben de tomar para corregir el problema, especialmente cuando no se tiene el conocimiento técnico necesario para la toma de decisiones.

1.3.7 Sistema de abastecimiento de agua

Un sistema moderno de abastecimiento de agua generalmente incluye instalaciones para la captación, el tratamiento, el almacenamiento y distribución.

1.3.7.1 Captación

Las captaciones son obras que permiten recolectar agua aprovechable de cuerpos superficiales como ríos o quebradas, también permiten el aprovechamiento de mantos acuíferos subterráneos, en forma nacientes o pozos. Más allá de la construcción y del mantenimiento de la infraestructura como tal, el manejo de una captación incluye actividades como la protección y la gestión de actividades cercanas a pozos y manantiales, al igual que el cuidado y regulación del desarrollo en la totalidad en la cuenca (CONAGUA, s.f.).

1.3.7.2 Tratamiento

El tratamiento es la serie de procesos que le dan al agua la calidad requerida. Para esto no existe una única configuración, el tratamiento de las aguas subterráneas y superficiales encontradas de manera natural, presentan una gran variedad de diferencias en términos de a su calidad. Generalmente se ha adoptado el concepto de tratamiento con “barreras múltiples” como la base para la producción de agua potable. Como lo explica LeChevallier (2004), este enfoque significa que una falla en una barrera de tratamiento puede compensarse mediante la operación efectiva de las barreras restantes, minimizando la probabilidad de que los contaminantes pasen a través del sistema. Tradicionalmente, los tratamientos han incluido las siguientes barreras:

- Protección de la fuente de agua
- Coagulación, floculación y sedimentación
- Filtración
- Desinfección
- Protección del sistema de distribución.

1.3.7.3 Desinfección

La desinfección se emplea para la destrucción de los microorganismos patógenos que puedan estar presentes en el agua de consumo, esto se realiza por medio de métodos físicos o químicos. Siendo más frecuente la utilización de productos químicos reactivos como el cloro. La cloración es el método de desinfección más comúnmente utilizado debido a su bajo costo y baja complejidad técnica. Consiste en mantener en el agua una concentración controlada del reactivo, mediante su aplicación como gas cloro licuado, solución de hipoclorito sódico o gránulos de hipoclorito cálcico. Independientemente de su forma de aplicación, el cloro se disuelve en el agua y formación hipoclorito (OCl^-) y ácido hipocloroso (HOCl) encargados de la inactivación de microorganismos. El gas cloro licuado es suministrado por medio de un clorador que extrae el gas comprimido en un recipiente y lo dosifica de manera controlada al agua. El hipoclorito sódico se dosifica en forma de disolución mediante una bomba dosificadora eléctrica o mediante un sistema por gravedad. El hipoclorito cálcico se agrega en forma sólida a una porción de agua que posteriormente es mezclada con el caudal principal (OMS, 2006).

1.3.7.4 Almacenamiento

Los depósitos o tanques de almacenamiento tienen la principal función de nivelar las fluctuaciones de la demanda de agua potable y deben tener características de diseño que ayuden preservar la calidad del agua. Estos deben estar sellados, para evitar el contacto humano, de animales o insectos y para prevenir la influencia del clima y otros factores. Sin embargo, este sellado no debe ser completamente hermético ya que el depósito debe tener la capacidad de “respirar”, es decir, el aire debe poder entrar y salir, especialmente durante los procesos de llenado y vaciado. Un depósito debe inspeccionarse y limpiarse con regularidad y después del mantenimiento y la inspección, estos deben ser desinfectados completamente por varios días, por medio de la introducción de agua con un alto contenido de cloro (Van et al., 2006).

1.3.7.5 Red de distribución

Una red de distribución es un conjunto de tuberías y estructuras diseñadas para conducir el agua desde la captación o depósitos de almacenamiento, hasta las tomas domiciliarias o públicas. Generalmente se compone de las siguientes estructuras: Tuberías, válvulas, hidrantes, tanques de

distribución, tomas domiciliarias, rebombes para elevar la carga hidráulica y cajas rompedoras de presión hidrostática (CONAGUA, s.f.).

1.3.8 Balance Hídrico

La realización de un balance hídrico para un acueducto consiste en llevar a cabo una comparación entre la producción de las fuentes de abastecimiento de agua y la demanda total de los usuarios. Como lo especifica el (PNUD, 2019) el procedimiento consiste en tres pasos:

- 1) Estimación de la Producción: realizar pruebas de bombeo para pozos o aforos para nacientes.
- 2) Cálculo de la Demanda: calcular la cantidad de agua que requiere la comunidad con base en la información disponible (censos de población atendida, levantamiento de actividades comerciales, registros de micromedición, etc)
- 3) Resta: estimar el balance hídrico restando la producción menos la demanda.

1.4 Marco metodológico

1.4.1 Alcance

El alcance del presente proyecto abarca todo el sistema de la ASADA de Llano Grande de Picares de Mora, incluyendo todas las etapas del sistema de abastecimiento, desde las nacientes, procesos de tratamiento, tanques de almacenamiento, y distribución del agua. El costo total estimado de lo que significó la realización del proyecto se puede observar en el anexo 12.

1.4.2 Enfoque de la investigación

La metodología de este proyecto consiste en una fase cuantitativa donde se estimó la magnitud de los problemas presentes en el acueducto relacionados al aseguramiento de la calidad del agua. Implicó la observación y la medición, por medio de procedimientos estandarizados, de los parámetros fisicoquímicos, la capacidad hídrica del acueducto y la descripción general del sistema. Por otro lado, la fase de evaluación de riesgos se basó en un método “semicuantitativo”

estandarizado por la Organización Mundial de la Salud, que consiste una fase cuantitativa que pretendió calcular la probabilidad de que se produzca un peligro y la gravedad de la consecuencia en caso de producirse; el puntaje obtenido es otorgado desde el conocimiento, las perspectivas y de cierta manera desde los puntos de vista de los participantes de un equipo de trabajo conformado por personas de la comunidad, ya que ellos son los que más conocen la realidad y las necesidades de su sistema. Con este enfoque es conveniente dejar en claro los fundamentos utilizados en la toma de cada una de las decisiones por parte del equipo de trabajo en este proceso.

1.4.3 Diseño de investigación

Este proyecto es un estudio transeccional descriptivo no experimental, es decir, se pretende entender el sistema de abastecimiento, su funcionamiento y los peligros que presenta en el contexto actual de la comunidad, por medio de observación y el análisis. Pretende describir las variables relacionadas a la seguridad del agua en su operación normal, analizar su incidencia y proponer soluciones a partir de ellas. Para la realización de este trabajo se toma como base metodológica el Manual para el Desarrollo de Planes de Seguridad del Agua de la OMS, en combinación con la herramienta GIRA del PNUD, la matriz SERSA del ministerio de salud y el aporte de los miembros de un equipo de trabajo.

1.4.4 Fase metodológica uno, descripción y diagnóstico.

En esta etapa se realizó un diagnóstico de los diversos componentes del acueducto, a través de la recopilación de información y visitas de campo, para la determinación del estado actual de la ASADA y sus diversas instalaciones.

1.4.4.1 Reunión con administración de la ASADA

Se coordinó una visita con la junta directiva de la ASADA para explicar a detalle el procedimiento a seguir en la elaboración del PSA, se dio una capacitación de la metodología de identificación y evaluación de riesgos como tal, así como la recopilación de información sobre los procesos de operación, mantenimiento y registros de documentos de análisis de laboratorio y operacionales.

1.4.4.2 Conformación del equipo de trabajo

Una vez expuesto el procedimiento de PSA, se coordinó la conformación del equipo de trabajo, integrado por personas que forman parte de la administración de la ASADA que tuvieron la disposición y el conocimiento suficiente sobre el funcionamiento del sistema de suministro de agua. En cumplimiento con el artículo dos de la Directriz N° 032-S Implementación de los planes de seguridad del agua y la participación del Ministerio de Salud, se le notificó a la doctora Luz Cuadra Morales, del área rectora de salud del cantón de Mora, para su coordinación en el seguimiento respectivo durante la elaboración del PSA. La lista donde se recolectó la información de los participantes del equipo de PSA y el protocolo utilizado en cada reunión del equipo de PSA se puede observar en los anexos 3 y 4.

1.4.4.3 Recopilación de información de operación y amenazas naturales

Se coordinaron sesiones de trabajo con el equipo de PSA conformado, con el fin de recopilar información importante. Esto se realizó por medio de entrevistas presenciales con todos los miembros del equipo de PSA de manera simultánea. Para esta función se elaboraron dos cuestionarios, uno completado por medio de una mesa de diálogo con el equipo de PSA, y otro para el fontanero de la ASADA, aplicado a modo de entrevista (ver anexo 5) con el equipo de PSA.

Aunado a lo anterior, se realizó un ejercicio de cartografía social, con el fin de generar una descripción espacial del sistema y obtener información respecto a desastres naturales y eventos históricos de la comunidad. Para esto se planeó visualizar la zona utilizando los mapas de amenazas y peligros naturales del Cantón de Mora, de la C.N.E. (Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias), información de los Escenarios de Cambio Climático Regionalizados para Costa Rica del 2012, del Instituto Meteorológico Nacional y Ministerio del Ambiente y Energía, y sistemas de información geográfica para generar un mapa de riesgos utilizando la simbología de la herramienta GIRA (ver anexo 6). Con la cual los miembros del equipo de trabajo señalaron los lugares donde históricamente se han presentado peligros de deslizamientos, inundaciones, eventos peligrosos y determinar si existen otras posibles amenazas al acueducto.

1.4.4.4 Descripción del sistema de agua potable

Se coordinaron dos recorridos por todo el sistema de abastecimiento, desde las fuentes hasta su distribución final de cada una de las redes, con esto se generó una descripción detallada de cada uno de los componentes y procesos del sistema, su función, características y la condición de la infraestructura. A partir de esto se obtuvieron los insumos necesarios para formular la matriz de identificación de peligros y elaborar un diagrama de flujo del sistema completo de abastecimiento. Para esta actividad se utilizó una guía de observación (anexo 7).

Durante la primera visita de campo se realizó un levantamiento de puntos geográficos de cada una de las fuentes de abastecimiento, los tanques y las redes de distribución, con lo cual se elaboró un mapa complementario del sistema. Durante el recorrido se realizaron análisis de cloro residual libre, temperatura y pH en campo y de igual manera se recolectaron muestras para análisis de turbiedad, dureza total y conductividad en laboratorio. Se recolectaron un total de 20 muestras, específicamente en la captación, el tanque de almacenamiento y en el principio, mitad y final de cada red de distribución. Para llevar un control apropiado del proceso de muestreo se elaboró un plan de muestreo específico (ver anexo 8).

1.4.4.5 Encuesta de percepción

Como complemento a la fase descriptiva, se realizó una encuesta de percepción a una muestra aleatoria de los usuarios de la ASADA, enfocada en la percepción de calidad del agua, el uso intradomiciliario, la preparación ante emergencias y sobre el servicio brindado. El tipo de muestra escogida fue probabilística y la encuesta presentó un enfoque fundamentalmente cualitativo, cuya finalidad fue documentar ciertas experiencias. Asimismo, por acuerdo con la ASADA y debido a la situación de la pandemia causada por el virus SARS-coV-2, se decidió limitar, en la medida de los posible, el contacto con la población y complementar con medios electrónicos (al azar por marcado telefónico y formularios digitales). La información adquirida se utilizó como complemento para la identificación de peligros y evaluación de riesgos. El anexo 9 incluye el cuestionario que se aplicó.

El cálculo de la muestra estadística se calculó utilizando la siguiente fórmula (Montero Arrieta & Moreno Ureña, 2018):

$$n = \frac{N * Z\alpha^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z\alpha^2 * p * q}$$
$$n = 57$$

Dónde:

- N = Total de la población (abonados) = 250
- $Z\alpha = 1.96$ al cuadrado (si la seguridad es del 95%)
- p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)
- q = 1 – p (en este caso 1-0.05 = 0.95)
- d = precisión (en su investigación use un 5%)

1.4.4.6 Cálculo del Balance Hídrico de la ASADA

El procedimiento del cálculo se realizó en tres pasos principales:

- 1) Estimación de la producción total de las fuentes, calculado como la suma de los caudales registrados según los datos existentes de los aforos volumétricos realizados en las nacientes para hasta el año 2021.
- 2) Estimación de la cantidad de agua que requiere la comunidad con base en la información disponible en los registros de micro medición del año 2021, la cantidad de servicios asociados del acueducto y un factor de hacinamiento en hogares de 3,11 personas por hogar, reportado por el (INEC, 2011).
- 3) Cálculo de la proyección de la demanda de agua cada cinco años, hasta el año 2042, estimando el crecimiento de la población atendida por el acueducto y consiguientemente la proyección de demanda de agua asociada a cada periodo. Estas proyecciones fueron generadas con base en el porcentaje de crecimiento poblacional anual 1,6 %, correspondiente al valor reportado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2011).

- 4) Estimación del balance hídrico restando la producción menos la demanda.

$$\textit{producción de las fuentes} - \textit{demanda} = \textit{balance Hídrico}$$

El proceso consistió en analizar, según el resultado, el cálculo y catalogarlo como un posible peligro a la seguridad del agua de la ASADA si es negativo o cercano a cero, ya que en ese escenario las producciones de las fuentes del sistema no son suficientes para satisfacer la demanda actual ni la de futuros usuarios.

1.4.5 Fase metodológica dos, identificación de peligros y evaluación de riesgos

Esta sección consistió en la identificación y evaluación de los eventos peligrosos y riesgos del sistema de abastecimiento de agua de consumo, mediante un método de clasificación semicuantitativo, para la identificación de puntos críticos de afectación a la seguridad del agua.

1.4.5.1 Diagnostico e Identificación de peligros

Para el proceso de identificación de peligros se elaboraron una serie de matrices basadas fundamentalmente en las Guías de Calidad para el Agua Potable de la OMS, la herramienta GIRA del PNUD y la matriz SERSA del Ministerio de Salud con el fin de realizar un diagnóstico para identificar los peligros en cada uno de los componentes del sistema de tratamiento y distribución de agua potable, generados por agentes físicos, biológicos o químicos. No obstante, a pesar de que el diseño de cada matriz tomó estos documentos como referencia principal, también se consideraron las condiciones propias del acueducto y el conocimiento técnico del diseño de todo el acueducto. De igual forma, se revisó la gestión administrativa de la ASADA y las vulnerabilidades que la limitan a prevenir, atender y mitigar posibles riesgos y su grado de preparación para responder ante amenazas naturales.

Las matrices elaboradas en esta sección fueron utilizadas como una herramienta de diagnóstico, en la cual, a partir de las condiciones de cada uno de los elementos, se identificaron los eventos peligrosos y peligros detallados en la sección de resultados 2.2.2 de evaluación de riesgos y determinación de puntos críticos.

El cuadro 1 muestra la puntuación de riesgo preliminar otorgado para cada componente, basado en la cantidad de respuestas “Sí” obtenidas en la matriz. Este proceso cumplió con el objetivo

fundamental de servir como una primera evaluación de identificación de prioridades dentro del acueducto, información útil para el siguiente paso de Evaluación de los riesgos asociados a cada peligro y la determinación de puntos críticos.

Cuadro 1. Puntuación de riesgo preliminar para cada componente del sistema de abastecimiento de agua potable.

Puntuación de riesgo preliminar de inspección:
Riesgo muy alto (Puntuación de riesgo: 9–10)
Riesgo alto (Puntuación de riesgo: 6–8)
Riesgo medio (Puntuación de riesgo: 3–5)
Riesgo bajo (Puntuación de riesgo: 0-2)

Fuente: Herramienta SERSA, Ministerio de Salud.

1.4.5.2 Evaluación de los riesgos asociados a cada evento peligroso y la determinación de puntos críticos.

Esta etapa de evaluación de riesgo se llevó a cabo por medio de un análisis en grupo, con el equipo de trabajo del PSA, elaborando una serie de cuadros donde se especifican: el diagnóstico del componente del acueducto, los eventos peligrosos encontrados, los peligros físicos, químicos o microbiológicos asociados y su evaluación de riesgo respectiva.

La evaluación de riesgo de cada evento peligroso encontrado se llevó a cabo utilizando una herramienta semicuantitativa (cuadro 2), basada fundamentalmente en otorgar una puntuación a la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los eventos peligrosos y la evaluación de la gravedad de las consecuencias en caso de producirse.

Cuadro 2. Criterios de evaluación semicuantitativa de riesgos de PSA para la ASADA de Llano Grande.

Gravedad de la consecuencia		Efecto nulo o insignificante Clasificación: n: 1	Efecto leve - Clasificación: n: 2	Efecto moderado - Clasificación: n: 3	Efecto grave - Clasificación: n: 4	Efecto catastrófico - Clasificación: n: 5
Probabilidad	Casi siempre / Una vez al día - Clasificación: 5	5	10	15	20	25
	Probable / Una vez por semana - Clasificación: 4	4	8	12	16	20
	Moderada / Una vez al mes - Clasificación: 3	3	6	9	12	15
	Improbable / Una vez al año - Clasificación: 2	2	4	6	8	10
	Excepcional / Una vez cada 5 años - Clasificación: 1	1	2	3	4	5

Puntuación de riesgo	<6	6 a 9	10 a 15	>15
Clasificación del riesgo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto

Fuente: (Bartram, 2009).

Los puntos críticos de control se determinaron a partir de los eventos peligrosos que presentaron riesgos medios, altos y muy altos, según la prioridad otorgada por el equipo de trabajo. La paleta de colores mostrada en el cuadro 3, especifica un color de prioridad de peligro según su nivel de riesgo.

Cuadro 3. Código de colores para la priorización de peligros.

Clasificación según nivel de riesgo	Prioridad del peligro	Código de colores
Riesgo bajo	Peligro no prioritario	
Riesgo medio	Peligro de prioridad media	
Riesgo alto y riesgo muy alto	Peligro de alta prioridad	

En esta etapa, para efectos del proyecto, se adoptaron las siguientes definiciones:
Riesgo bajo: su frecuencia es poca o nula y en caso de ocurrir, la afectación es mínima o insignificante. Demostrando que los procesos llevan un adecuado control.

Riesgo medio: su frecuencia no es constante y su afectación es algo significativa, por lo que requiere medidas de atención. Indicando que el proceso no está siendo del todo controlado.

Riesgo alto: probabilidad alta de ocurrencia e indica un efecto reglamentario grave o afectación a la integridad del sistema y de las personas.

Riesgo muy alto: Su ocurrencia es inminente y provocaría un efecto catastrófico en la salud pública, conlleva el cierre inmediato del suministro.

Cuadro 4. Formato de matriz de evaluación de riesgos.

Diagnostico	Fotografía	Evento o peligroso	Peligro	Evolución semicuantitativa de riesgos				
				Gravedad	Probabilidad	Puntuación de Riesgo	Calificación de Riesgo	Priorización de peligros

Fuente: elaboración propia a partir de la herramienta GIRA del PNUD.

De igual forma se adoptan las siguientes definiciones:

Diagnóstico: situación encontrada utilizando la Matriz de diagnóstico e identificación de peligros (anexo 10), es decir cada “sí” encontrado.

Eventos peligrosos: situación que podría introducir peligros al sistema y comprometer la seguridad del agua potable (¿Qué puede salir mal?).

Peligros: Si el evento ocurre, ¿qué peligros podrían hacer que el agua no sea segura?

M = microbiológicos Q = químicos F = físicos

1.4.6 Fase metodológica tres, elaboración del plan de mejora y monitoreo.

Esta etapa contempló la elaboración de una propuesta de plan con los lineamientos y acciones para la generación de una estrategia de seguridad del agua para la ASADA de Llano Grande de Mora, mediante el trabajo en conjunto con un equipo conformado por personas de la comunidad.

1.4.6.1 Plan de mejora

A partir de los resultados de la evaluación de los riesgos y las medidas de control se diseñó un plan de mejora con plazos y responsables. Este proceso se llevó a cabo considerando los aportes del todo el equipo de trabajo. El cuadro 5 muestra el formato en el cual se presenta esta propuesta de plan.

Cuadro 5. Formato de plan de mejora.

Evento peligroso	Medidas de control	Control adicional ¿Son necesarios más controles?	Fuentes de financiamiento	Responsable	Plazo	Estado

Fuente: elaboración propia a partir de las guías de campo elaboradas por Rickert et al. 2014.

Se adoptan las siguientes definiciones:

Medidas de control ¿Está el evento bajo control? Se enumeran todas las medidas de control que ya están en su lugar y explique si están trabajando efectivamente. (Medidas de control son cualquier cosa que sea una barrera para contaminación)

Control adicional ¿Son necesarios más controles? Para eventos importantes que no están ya bajo control, considere medidas de control adicionales necesarias.

1.4.6.2 Desarrollo de un plan de monitoreo de las medidas de control del PSA

En esta sección se elaboró un plan de monitoreo de las medidas de control para determinar su eficacia a lo largo del tiempo y poder tomar acciones preventivas para evitar poner en peligro la calidad del suministro de agua. Incluye: Los aspectos a monitorear, cómo se realizará el monitoreo, la frecuencia de monitoreo, así como los puntos de monitoreo y sus responsables, respecto a la toma de decisiones y verificación de las labores. De igual forma se incluye un listado de Procedimientos de operación y tareas de mantenimiento a generar, pertinentes a los elementos del sistema de distribución, para la revisión continua general del PSA (ver cuadro 6).

Cuadro 6. Formato de Plan de monitoreo

componente	Evento peligroso	Medida de monitoreo o inspección					Valor límite o condición crítica	Acción correctiva
		¿Qué?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Quién? (responsable)		

Fuente: elaboración propia a partir de las guías de campo elaboradas por Rickert et al. 2014.

1.4.6.3 Elaboración de un documento guía ante emergencias

Se realizó una guía de acciones preventivas y de acciones a realizar durante emergencia prevalentes en la zona; identificadas por medio de investigación de eventos históricos, información de desastres naturales en la zona y el ejercicio de cartografía social, descrito en la fase de recopilación de información.

II. Capítulo 2. Resultados

2.1 Fase uno, descripción y diagnóstico.

2.1.1 Caracterización del contexto local de la ASADA de Llano Grande

Esta sección comprende una descripción biofísica de la zona de estudio y una caracterización general de los aspectos administrativos y operativos del acueducto.

2.1.1.2 Diagnóstico socio ambiental

La comunidad de Llano Grande se encuentra ubicada en el distrito de Picagres de Mora, cuya extensión es de 27,3 km² y cuenta con una población total de 675 habitantes. Es un distrito rural en su totalidad, donde la principal actividad económica es la ganadería y su principal atractivo turístico son los paisajes naturales (INDER, 2014).

2.1.1.3 Ubicación geográfica

El cantón de Mora se encuentra ubicado en el extremo suroeste del Valle Central y su distrito de Picagres se encuentra en el extremo más occidental de su territorio. Este distrito limita al oeste con el cantón de Turrubares, al norte con los cantones de Alajuela y Atenas, al sur con el cantón de Puriscal y al este con el distrito de Piedras Negras de Mora (ver figura 1). La comunidad de Llano Grande se ubica en las coordenadas geográficas medias dadas por 98° 54' 46.799" latitud norte y 84° 21' 24.839" longitud oeste (SNIT, 2022).

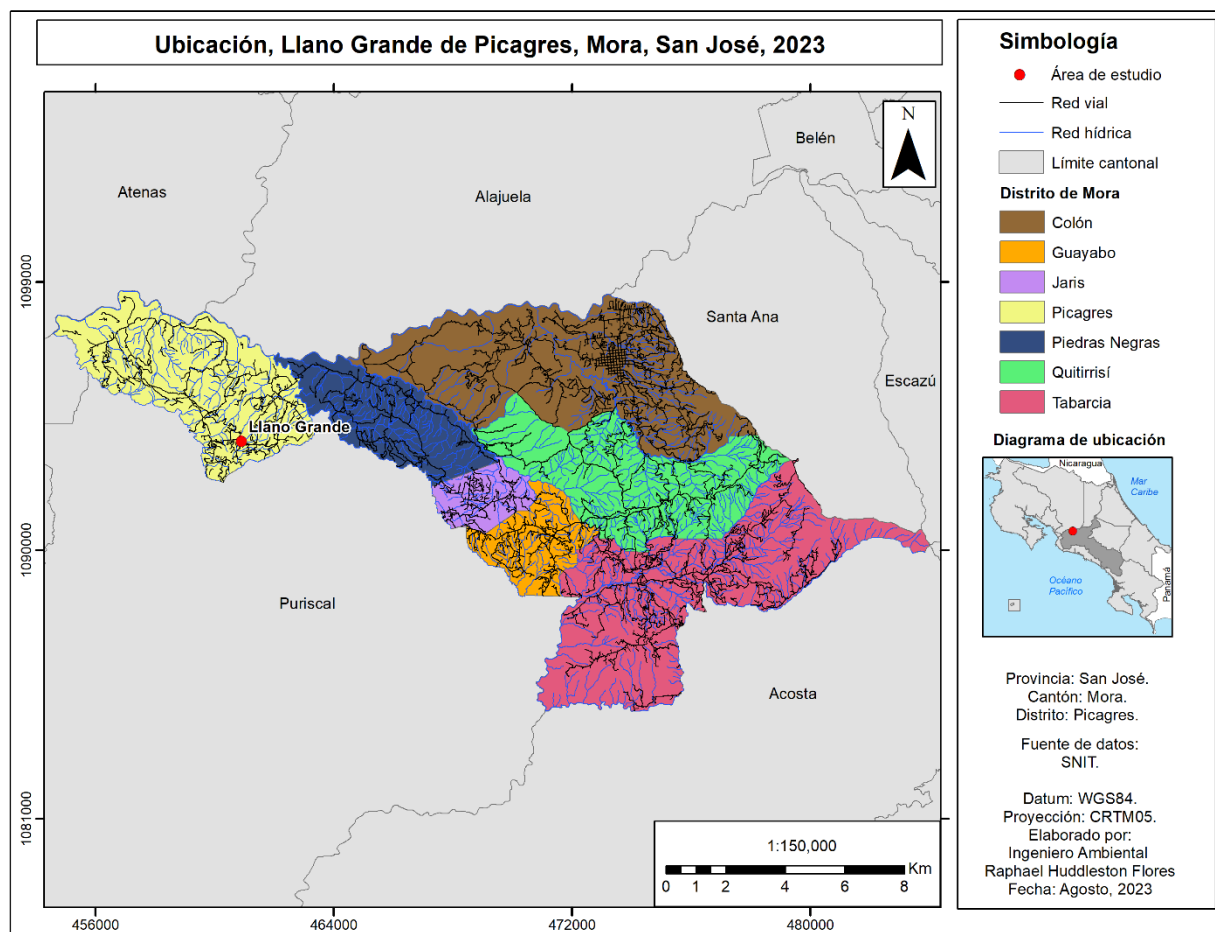


Figura 1. Mapa de Ubicación de Llano Grande de Picagres de Mora.

Fuente: elaboración propia utilizando datos del SNIT, 2022.

2.1.1.4 Geomorfología

El cantón de Mora presenta dos unidades geomórficas, las formas de Origen Volcánico y la Originada por Acción Intrusiva. La parte norte oeste del cantón, donde se encuentra ubicado el distrito de Picagres, corresponde a la unidad de Origen Volcánico y esta se divide en tres subunidades: Serranía de Laderas de Fuerte Pendiente, Relleno Volcánico del Valle Central y Restos de Topografía Plana Formados por Ignimbritas. El Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM, s.f.), las describe de la siguiente manera:

La subunidad Serranía de Laderas de fuerte pendiente; se localiza en la zona comprendida por ciudad Colón, villa Picagres, y los poblados Bajo Bustamante y Piedras Blancas; así como parte del sector noreste del cantón; está formada por laderas de fuerte pendiente, caracterizado por la facilidad de sus terrenos a originar deslizamientos; se compone principalmente por rocas volcánicas, aunque también hay sedimentarias, las primeras en su gran mayoría están profundamente meteorizadas, lo cual favorece los deslizamientos; su origen se debe a la erosión de las anteriores rocas. La subunidad relleno volcánico del Valle Central, se localiza en la margen del río Virilla, desde ciudad Colón hasta su confluencia con el río Picagres; esta subunidad corresponde a un relieve plano ondulado; está formada en superficie por rocas sedimentarias, las lavas son del tipo andesítico (IFAM, s.f.).

El suelo andesítico se origina tras la sedimentación de ceniza volcánica a lo largo del tiempo. Esta ceniza posee un alto contenido de minerales que fácilmente se logran descomponer para producir suelos con un alto contenido de arcilla de tipo mineral, que es sensible a la humectación y por lo tanto tiene alta probabilidad de desencadenar deslizamientos de tierra. Los suelos volcánicos con estas características por lo general son suelos espesos, conformados por muchas capas y que presentan una fracción fina que puede comportarse como lodo de alta o baja plasticidad. En algunos casos particulares, los cambios de humedad en esta arcilla derivada de rocas andesíticas pueden presentar un comportamiento expansivo (Verdugo, 2008 y Noviyanto et al., 2020).

De igual manera, la Comisión Nacional de Emergencias hace referencia al riesgo que presentan los tipos de suelos presentes en el distrito de Picagres. En el Mapa más actualizado de Amenazas y Peligros Naturales del Cantón de Mora, se logra apreciar que los deslizamientos son una de las amenazas naturales más frecuentes en esta zona (CNE, s.f.), ver figuras 2 y 2.1.

El mapa demuestra la existencia de la falla de Picagres, que se encuentra ubicada a unos 3 km en dirección noreste del centro de la comunidad de Llano Grande. Esta falla ha presentado actividad importante desde hace más 23 años, datos históricos muestran que ha alcanzado sismos de 6,0 Mw y según resultados de su potencial teórico, podría llegar a provocar sismos de 6,7 a 7,0 Mw (UCR,

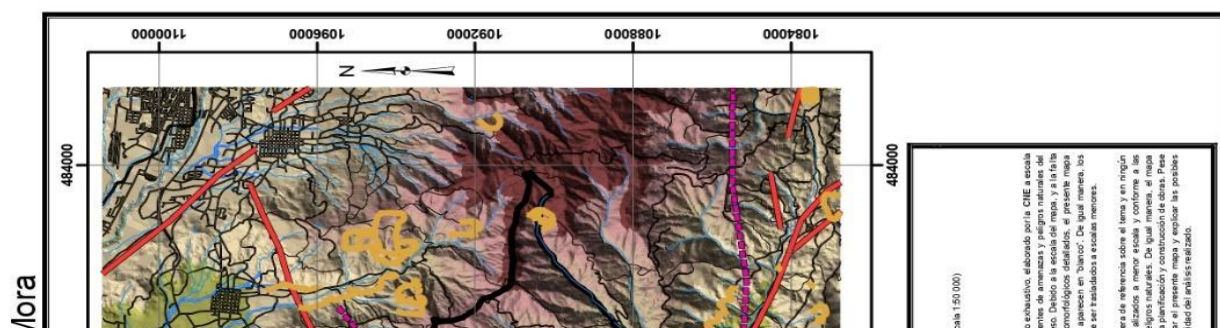


Figura 2. Mapa de Amenazas y Peligros Naturales del Cantón de Mora
Fuente: C.N.E. s.f.

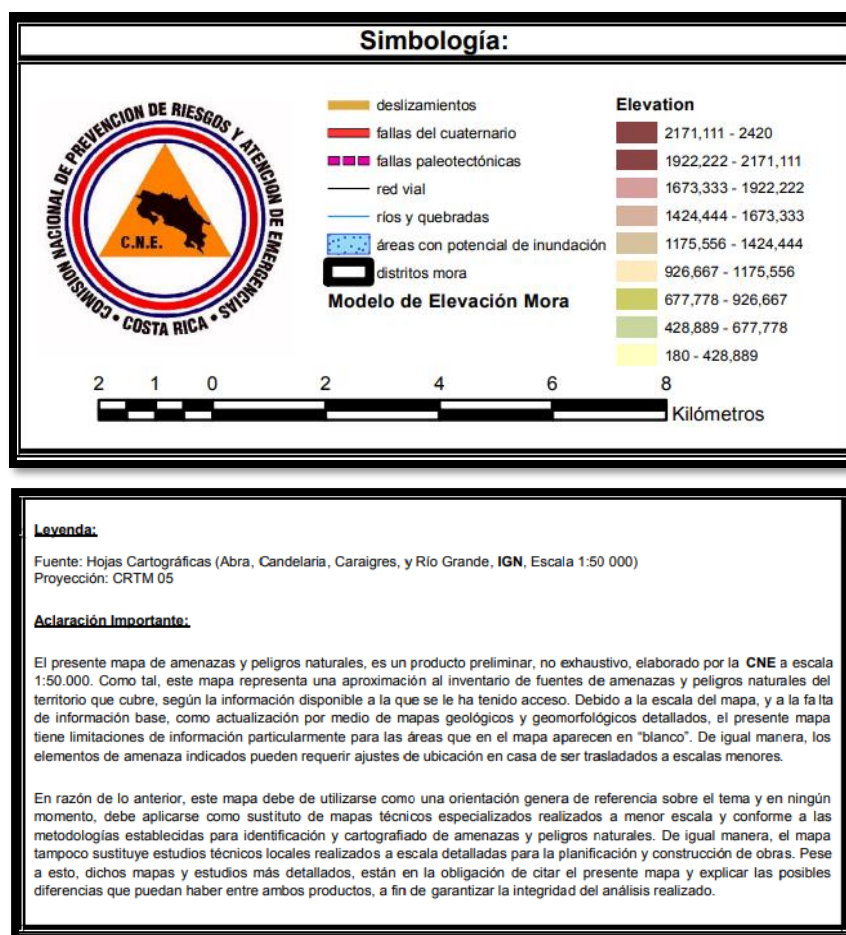


Figura 2.1. Ampliación de la leyenda del Mapa de Amenazas y Peligros Naturales del Cantón de Mora
Fuente: C.N.E. s.f.

2.1.1.5 Aspectos climáticos

El cantón de Mora posee un clima de transición del tropical seco al tropical húmedo, ya que se encuentra influenciado por su cercanía a la costa Pacífica y por su elevación. Posee estaciones secas y lluviosas muy marcadas, con un promedio de precipitaciones de 92,2 mm en Ciudad Colón durante la estación seca, mientras que, durante la estación lluviosa, que abarca los meses de mayo a octubre, presenta un promedio de 336,7 mm registrados. La temperatura del cantón oscila entre los 23°C y 26°C. El distrito de Picagres específicamente se cataloga dentro del Índice de zona de vida de bosque húmedo Tropical (bh-T), según el Sistema de Zonas de vida o formaciones vegetales propuesto por Holdridge en 1982 (INDER, 2014 y Díaz Bolaños y Mora Sandí, 2018).

En cuanto a futuros escenarios de cambio climático de la zona, el Instituto Meteorológico Nacional en los resultados de su informe de Escenarios De Cambio Climático Regionalizados Para Costa Rica del año 2012, señala que, en la mayor parte de la Vertiente del Pacífico, se estiman menos precipitaciones que el clima actual simulado, específicamente porcentajes que oscilan de una reducción de un 10% en el Valle Central y Zona Norte (ver figura 3). Esta reducción en precipitación se intensificará más durante la temporada lluviosa donde se estima una reducción de un 15% en el Valle Central. Respecto a la temperatura media, se espera un incremento de las temperaturas de manera general en la vertiente del Pacífico, incluido el Valle Central (ver figura 4). Para estas proyecciones el IMN utilizó entre otros, el modelo climático regional “Provident Regional Climates for Impacts Studies” o (PRECIS), que usó dos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero, el A2 (altas emisiones) y el B2 (bajas emisiones), estos propuestos por el IPCC (2000 y 2007). Para el año 2012 las emisiones reales habían superado o se habían equiparado con estas proyecciones de mayores emisiones propuestas por el IPCC (IMN, 2012).

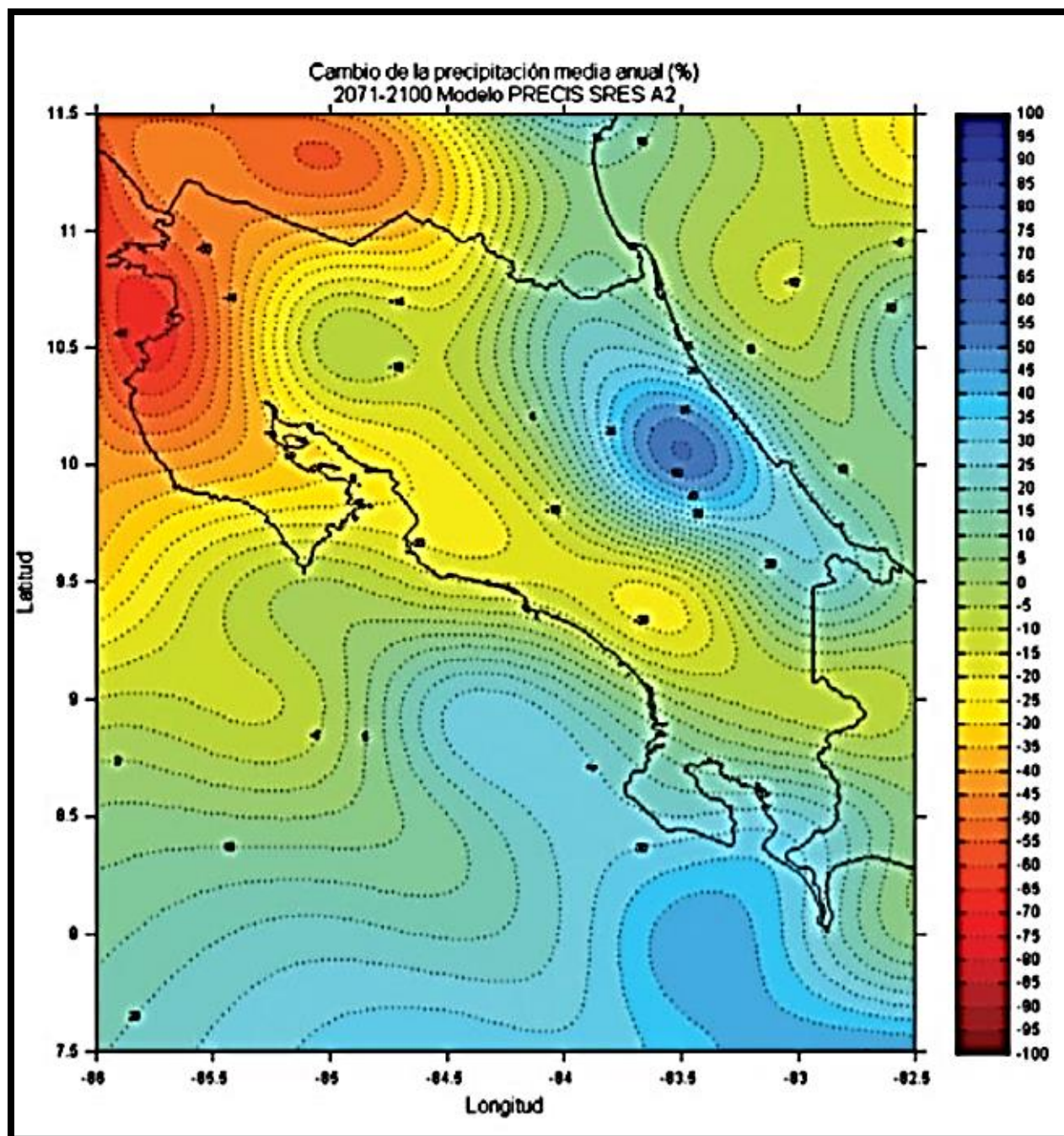


Figura 3. Mapa del escenario de cambio climático de la precipitación anual media (%) del 2080 (2071-2100), proyectado por el modelo regional PRECIS con condiciones de frontera del modelo global HadCM3 y el escenario de emisiones A2. Fuente: IMN, 2012.

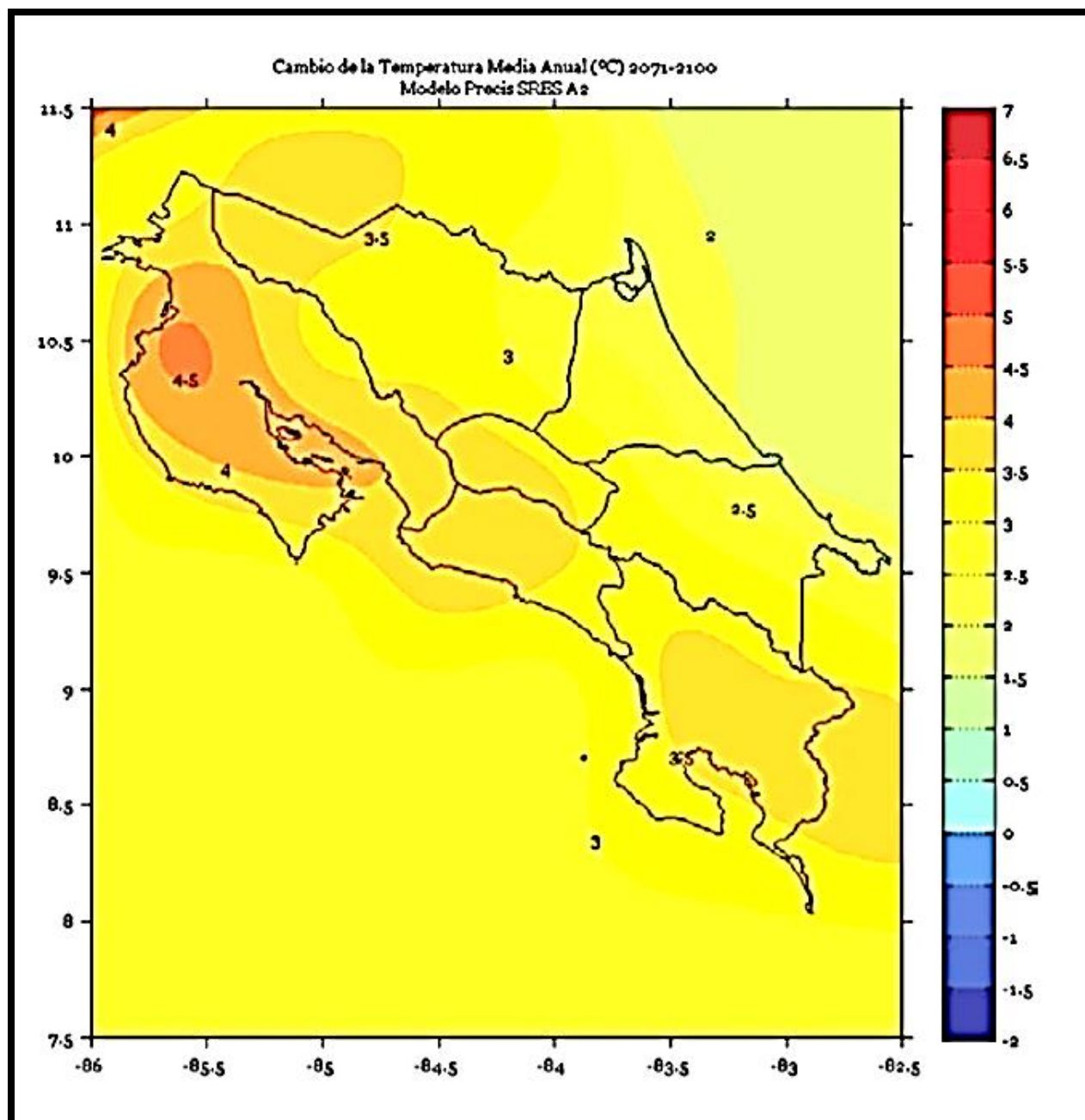


Figura 4. Mapa del escenario de cambio climático de la temperatura media anual (%) del 2080 (2071-2100), proyectado por el modelo regional PRECIS con los escenarios de emisiones A2.
 FIGURA 4.11. (A) Fuente: IMN, 2012.

Para la ASADA de Llano Grande, estas proyecciones de disminución de la precipitación media y el aumento de la temperatura presentan un escenario que afecta directamente la producción y el aseguramiento de agua de consumo humano a largo plazo, especialmente en aquellas fuentes que en la actualidad demuestran disminuciones considerables de caudal en la época seca.

2.1.1.6 Hidrografía

El sistema fluvial del cantón de Mora pertenece a la vertiente del Pacífico, la más afectada según las proyecciones de cambio climático (IMN, 2012). Este corresponde a las cuencas del Río Grande de Tárcos: irrigada por los ríos Chucás, Jaris, Pacacua y Picagres con sus afluentes las dos quebradas Grandes; además del río Quebrada Honda y la quebrada Muerte que desembocan en el río Virilla, que al unirse con el río Grande origina el río Grande de Tárcos, al cual se le unen las aguas del río Chucás. Por otro lado, los ríos del distrito de Tabarcia fluyen hacia la cuenca del Río Pirrís (Díaz Bolaños y Mora Sandí, 2018).

2.1.1.7 Cobertura Forestal

Históricamente la deforestación en el distrito de Picagres está vinculada a la extensión de fincas ganaderas en la zona. También existen producciones pequeñas y medianas de café, frijol, maíz, frutales y otros cultivos. Un estudio realizado sobre los factores de cambio de la cobertura forestal natural de Costa Rica entre los años 1987-2013, menciona que varios cantones de la zona del pacífico central del país, incluido el cantón de Mora, empezaron a sufrir una recuperación forestal a partir de la década de los 2000. El estudio menciona que esta recuperación está posiblemente asociada al inicio de un periodo de transformación productiva en la región, perdiéndose 6.3% del área de pastos dedicados a la ganadería, hasta el 2011 y de 7% adicional entre el 2011 y el 2013 (Sierra, Cambroner y Vega, 2016).

En la figura cinco se puede apreciar la cobertura forestal en la zona de la comunidad de Llano Grande, las nacientes aprovechadas y la ubicación de las redes de conducción de los diferentes sistemas de distribución de agua potable del acueducto. En esta misma figura se puede observar que las nacientes se encuentran ubicadas en sectores con cobertura forestal.

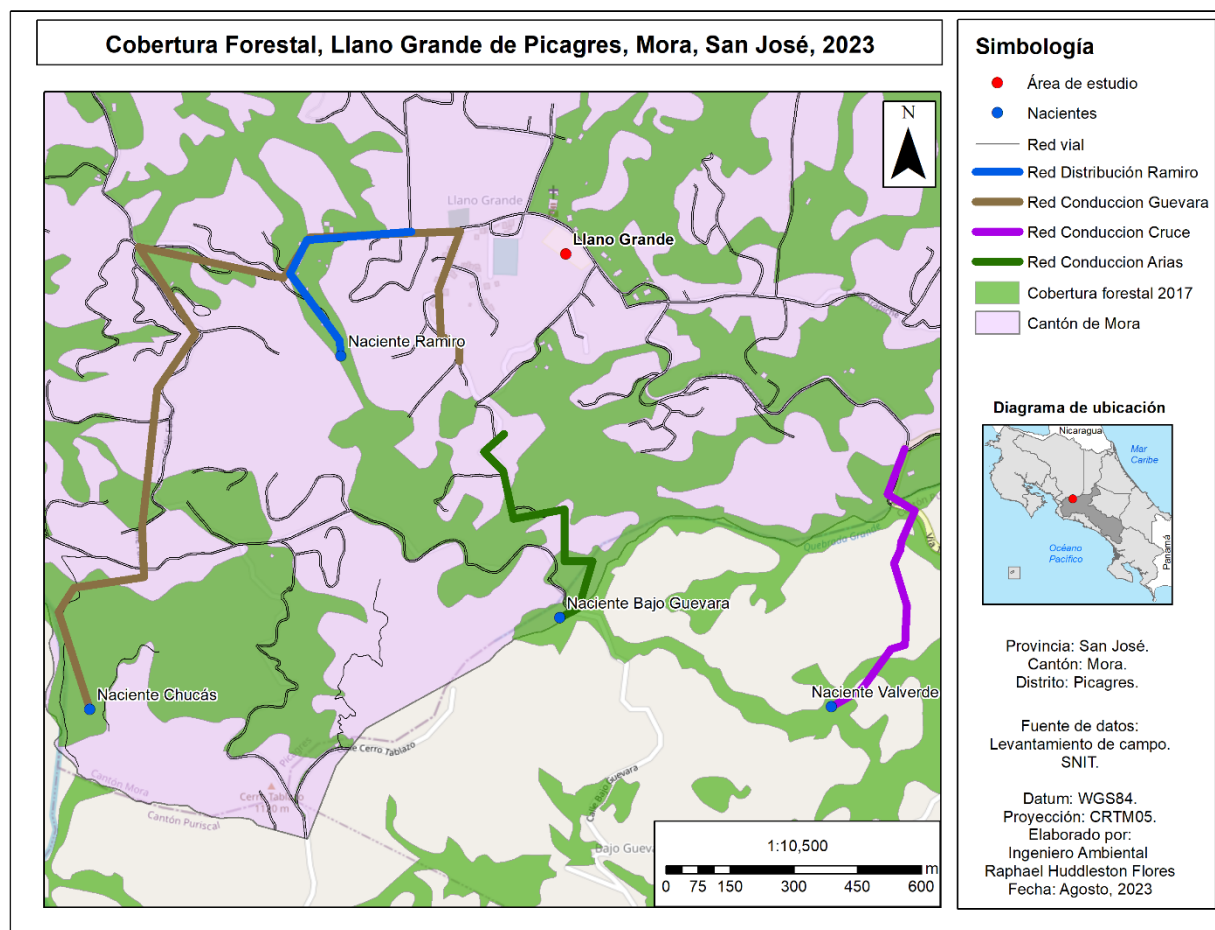


Figura 5. Cobertura forestal de la comunidad de Llano Grande.

Fuente: elaboración propia utilizando datos del SNIT, 2022.

2.1.2 Características generales de la ASADA de Llano Grande

2.1.2.1 Características administrativas de la ASADA

El distrito de Picagres no cuenta con abastecimiento de agua potable por parte del AyA ni por parte de un acueducto municipal; únicamente existen tres acueductos rurales pequeños en el distrito: la ASADA de Potrerillos, que abastece a la comunidad del mismo nombre y que cuenta con veinte abonados, La ASADA de Picagres, que abastece a la comunidad del centro del distrito de Picagres y que cuenta con un total de 80 abonados y la ASADA de Llano Grande, que abastece de agua potable a 237 abonados en total.

Las operaciones del acueducto de Llano Grande inician con la formación de un Comité de Acueducto Rural o CAAR, y es hasta el 2001 que se tramitan los permisos para convertirse formalmente en una Asociación Administrativa de Acueducto Rural o ASADA.

A nivel administrativo la ASADA cuenta con una junta directiva conformada por seis miembros, la totalidad de los cuales integran el equipo de trabajo del PSA (cuadro 7) y también con dos personas contratadas: un fontanero que labora tiempo completo y una persona encargada de los cobros que labora un día a la semana.

Cuadro 7. Equipo de PSA

Nombre	Cargo dentro de la Organización
Minor Guevara Mora	Presidente
Laura Trejos	Secretaria
Seidy Bermúdez Chacón	Vicepresidente
Carlos Bermúdez Flores	Tesorero
Alfonso Mora	Fiscal
Sergio Bermúdez Flores	Vocal

Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos en las reuniones con el equipo de PSA.

El acueducto cuenta con cinco nacientes como fuente principal de abastecimiento de agua, de las cuales únicamente cuatro se encuentran en uso. Brinda servicios a un total de 237 abonados (menos de la mitad de los pobladores del distrito), todos abastecidos por cuatro redes de distribución separadas, una por cada naciente. Cada uno de estos sistemas abastece a una zona de la comunidad específica y estas se catalogan por sectores enumerados del uno al cuatro, esto con el propósito de llevar una identificación apropiada de las redes de suministro (ver cuadro 8).

Cuadro 8. Nacientes y sistemas de distribución de la ASADA de Llano Grande.

Nacientes	Nombre del Sistema que abastece	Cantidad de clientes por sistema	Sector de la comunidad que abastece
1. Naciente Ramiro	1. Ramiro	13	Sector 1
2. Naciente Chucás	2. Guevara	101	Sector 2
3. Naciente Bajo los Guevara/ Arias	3. Arias	88	Sector 3
4. Naciente Valverde	4. Cruce	35	Sector 4
Total, de clientes		237	

Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos en las reuniones con el equipo de PSA.

La ASADA es la única organización encargada del abastecimiento de agua potable en la comunidad Llano Grande, no obstante, existen como fuentes alternativas de suministro de agua en la zona: una captación superficial de agua del SENARA que es utilizada en época seca para fines agropecuarios exclusivamente y un único pozo artesanal privado ubicado en una propiedad domiciliar. La totalidad de los servicios abarcados por la ASADA son hogares con uso domiciliar exclusivo.

La ASADA mantiene contacto y comunicación activa tanto con el AyA como con el Ministerio de Salud. Siendo el Ministerio la institución que ha mostrado mayor seguimiento a las operaciones del acueducto, brindado asesoramiento relacionado a las labores de cloración y la importancia de llevar control microbiológico con análisis periódicos.

Se mantiene un cumplimiento de las tarifas establecidas por el ARESEP, específicamente para el cuarto rango de 151 a 300 abonados, para un cargo fijo de ₡ 5.056 y la tarifa por bloque de consumo presentada en el cuadro 9.

Cuadro 9. Tarifas Vigentes de Agua Potable

m³	Tarifa (₡)
1 a 10	604
11 a 30	684
31 a 60	834
Más de 60	1214

Fuente: ARESEP, 2021.

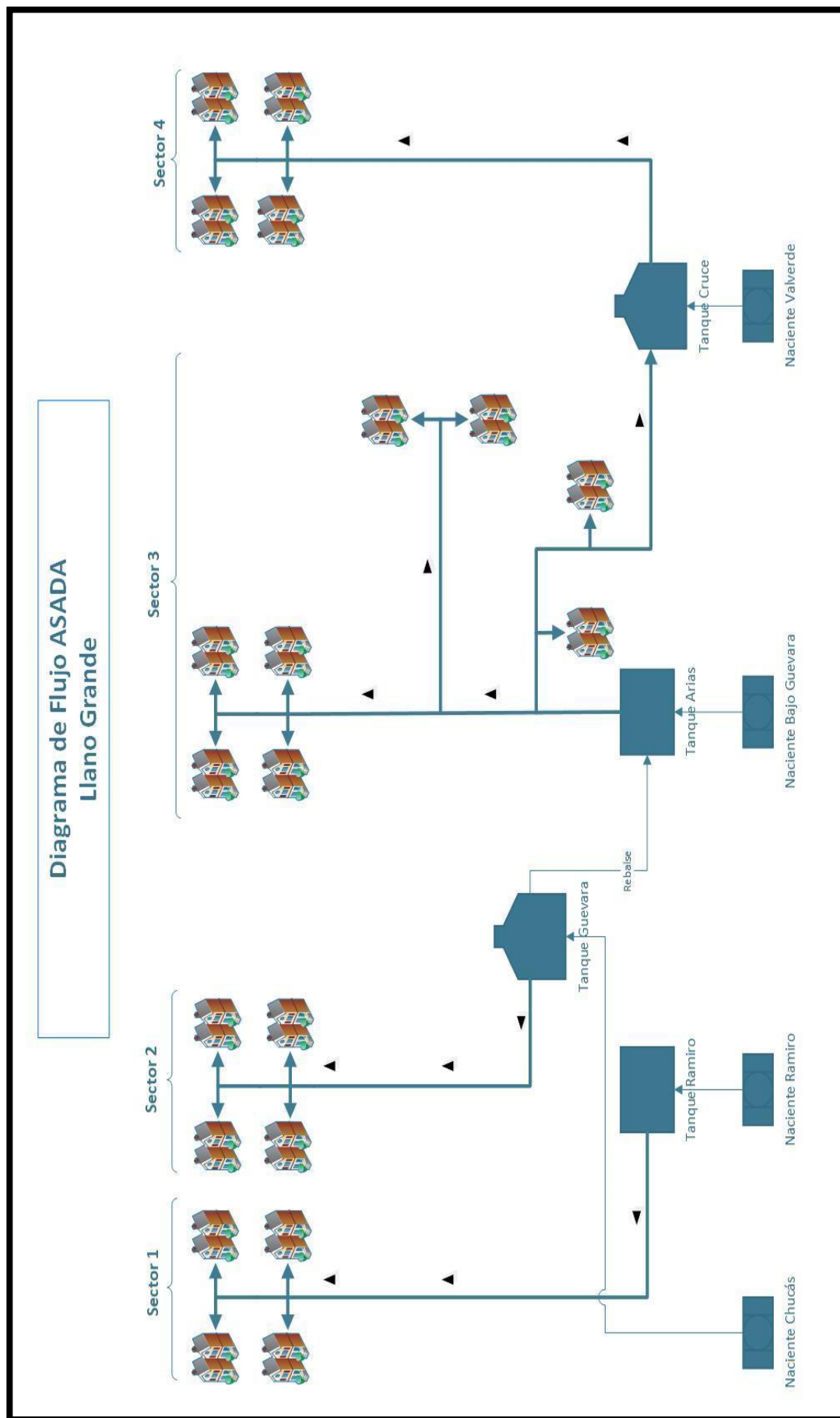


Figura 6. Diagrama de Flujo de la ASADA Llano Grande

Durante el recorrido por el sistema de abastecimiento se realizó un levantamiento de coordenadas, para trazar la ubicación de las tuberías de conducción y distribución de los cuatro sistemas de la ASADA, los resultados se logran apreciar en las figuras 7 y 8.

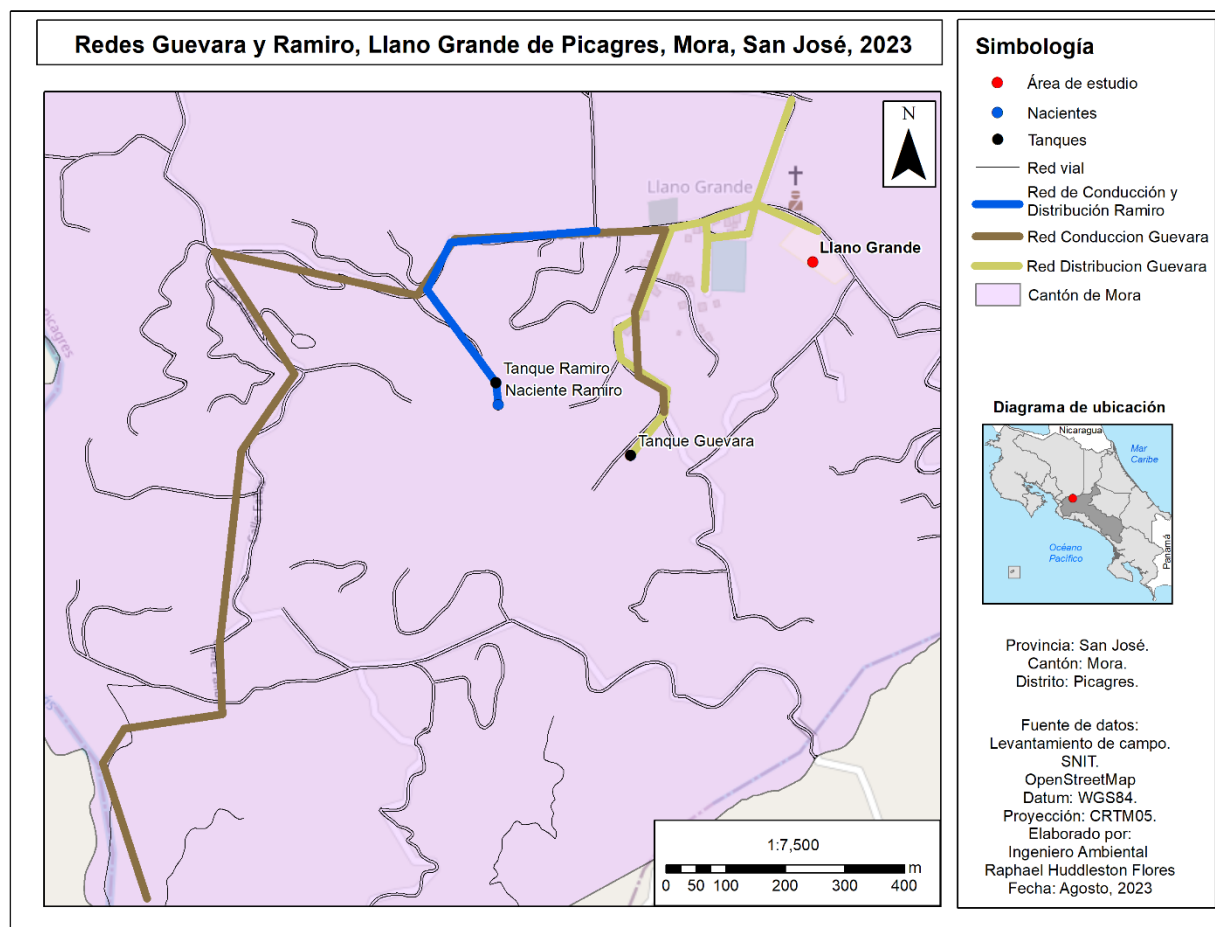


Figura 7. Trayecto de las tuberías de conducción y distribución de los Sistemas Guevara y Ramiro. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos durante los recorridos al sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Llano Grande.

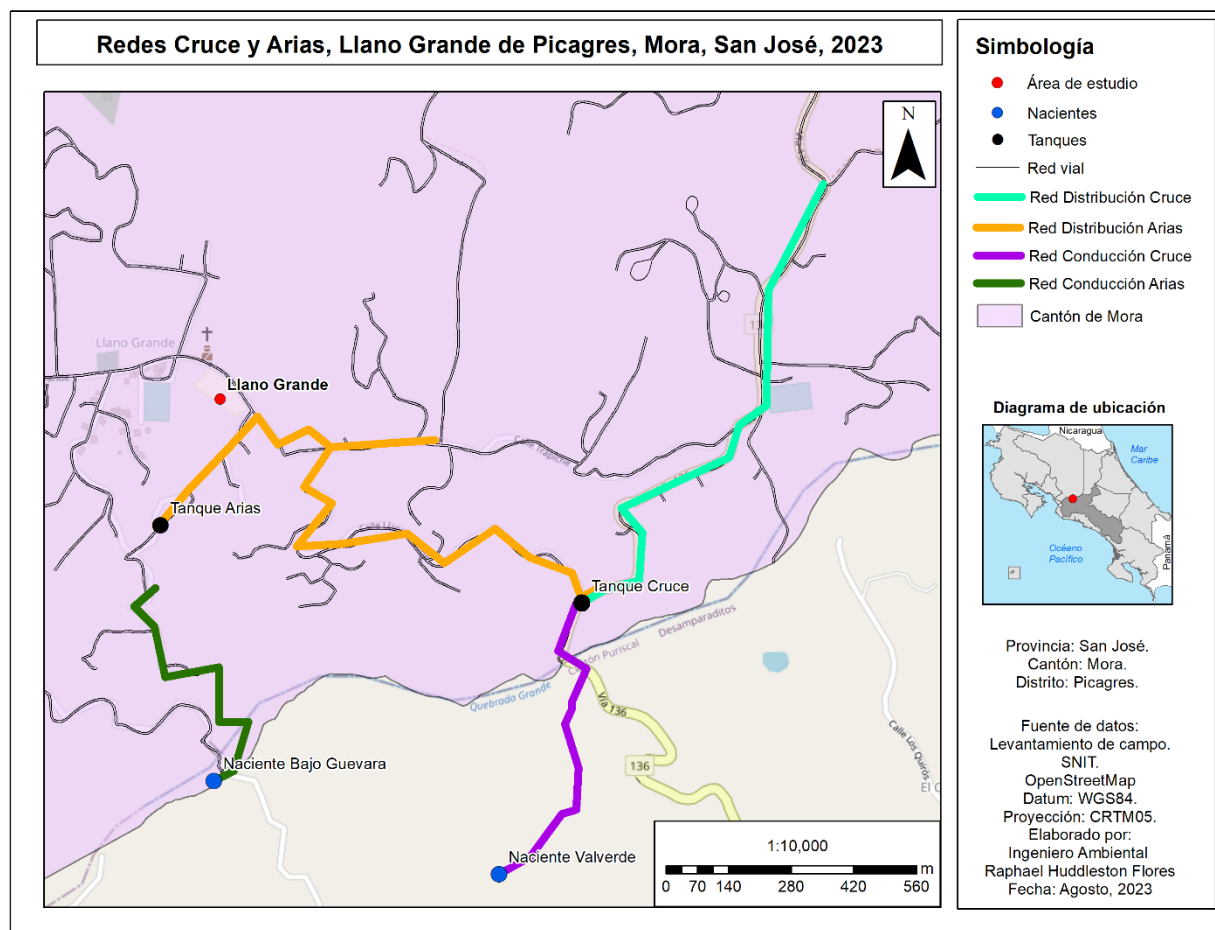


Figura 8. Trayecto de las tuberías de conducción y distribución de los Sistemas Arias y Cruce. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos durante los recorridos al sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Llano Grande.

2.1.2.2 Operación y mantenimiento

Las responsabilidades de operación, las revisiones del sistema y el mantenimiento general del acueducto recaen sobre el puesto de fontanería. Esta persona es la encargada de llevar el control del cloro residual libre en el sistema y de las reparaciones generales del acueducto. Las diferentes unidades del sistema de distribución son inspeccionadas una vez al mes, donde el fontanero recorre todo el sistema observando los componentes y sus zonas aledañas con el objetivo de identificar posibles fuentes de contaminación o no conformidades que requieran arreglo. Ante una eventualidad mayor, se solicita ayuda a integrantes de la junta directiva y la comunidad para

solucionar los problemas que puedan surgir, como cambios considerables de tuberías, movimientos de material, etcétera.

2.1.3 Descripción del Sistema

En esta sección se describe cada uno de los componentes del sistema de suministro de agua potable con los que cuenta la ASADA de Llano Grande.

2.1.3.1 Captación del agua

El acueducto no cuenta con captaciones superficiales, únicamente utiliza nacientes para la captación de agua potable. De las cinco nacientes identificadas por el acueducto, únicamente cuatro se encuentran en uso (ver figuras 7 y 8), cada una de ellas cuenta con una o varias cámaras de captación superficial construidas con cemento y una tubería de conducción a un respectivo tanque de almacenamiento. Las revisiones de la infraestructura se realizan de manera mensual por parte del fontanero, el cual se encarga de realizar una limpieza de tierra, raíces y cualquier otro material que se pueda acumular en las zonas aledañas.

2.1.3.1.1 Naciente Chucás

La naciente Chucás se encuentra ubicada en una propiedad de once hectáreas que pertenece a la Municipalidad de Mora, cuatro de éstas hectáreas se encuentran administradas por la ASADA de Llano Grande, las siete hectáreas restantes se encuentran administradas por la ASADA aledaña de Potrerillos de Picagres. Esta propiedad tiene como fin exclusivo ser una zona de protección para resguardar las nacientes de estos dos acueductos y se encuentra cubierta completamente por bosques en recuperación. La estructura de captación se encuentra construida en concreto, con una tapa metálica y un área de 1 m². En la parte inferior de la captación tiene una tubería de PVC de dos pulgadas de diámetro que conduce el agua hasta el Tanque Guevara (Ver Figura 9).



Figura 9. Naciente Chucás. Fotografías tomadas durante los recorridos al sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Llano Grande.

La tubería de conducción en la mayor parte de su trayecto pasa enterrada, únicamente queda expuesta en el paso de dos pequeñas quebradas que se unen al río Chucás. El resto del trayecto la tubería pasa por potreros con sembradíos de maní y café, aledaña al Río Chucás y al lado de la calle Fallas.

2.1.3.1.2 Naciente Ramiro

La cámara de captación de esta naciente se encuentra construida en concreto, posee una tapa metálica, un área de 1 m² y una profundidad de 30 cm (ver figura 10). Además del agua recolectada en la captación puntualmente, también posee una tubería de PVC de una pulgada de diámetro que aporta un ingreso de agua desde una pequeña captación secundaria a unos cuatro metros de la toma principal. Esta captación secundaria consiste en una pequeña caja de concreto, tapada con una lámina metálica no adherida, a la cual se le han puesto piedras en la parte superior y alrededor como protección (ver figura 11). Las zonas aledañas a la naciente consisten en una pequeña zona empinada cubierta con vegetación que colinda con potreros con sembradíos de caña de azúcar. La

parte inferior de la captación tiene una tubería de PVC de dos pulgadas de diámetro que conduce quince metros aproximadamente hasta el Tanque Ramiro.



Figura 10. Naciente Ramiro. Fotografías tomadas durante los recorridos al sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Llano Grande.

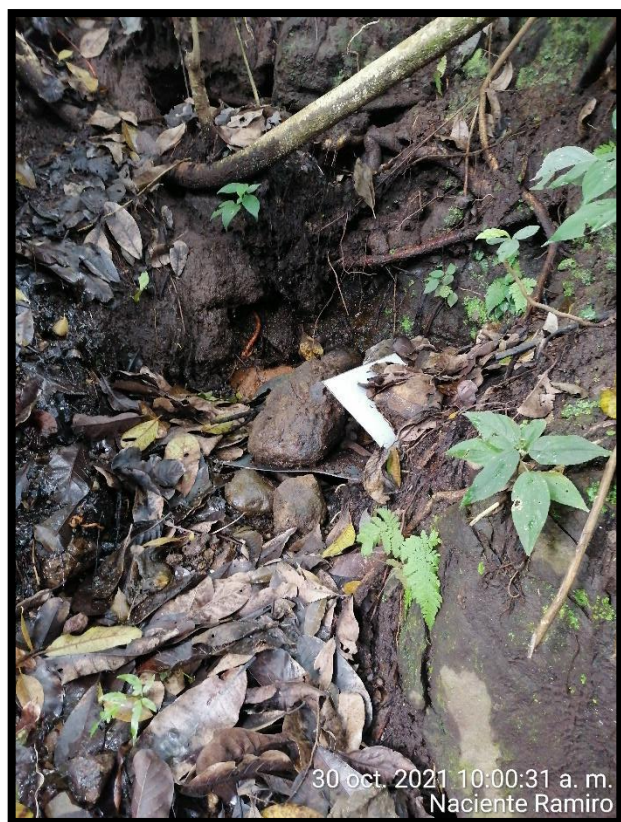


Figura 11. Captación Secundaria Naciente Ramiro. Fotografías tomadas durante los recorridos al sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Llano Grande.

2.1.3.1.3 Naciente Bajo Guevara

La estructura de captación de la naciente Bajo Guevara (también nombrada naciente Arias) está construida en concreto, posee una tapa metálica, un área de 1 m² y una profundidad de 2m (ver figura 12).



Figura 12. Naciente Bajo Guevara. Fotografías tomadas durante los recorridos al sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Llano Grande.

Esta naciente se encuentra ubicada muy cerca, a unos 4 metros, de la vieja carretera que conecta Llano Grande con la comunidad de Bajo de los Guevara, actualmente utilizada mayormente para

el paso de ganado. La propiedad donde se encuentra la naciente es una finca ganadera privada, posee a escasos metros un bebedero para el ganado (ver figura 13).



Figura 13. Bebedero de ganado en Naciente Bajo Guevara. Fotografías tomadas durante los recorridos al sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Llano Grande.

En la parte inferior de la captación tiene una tubería de PVC de dos pulgadas de diámetro que conduce el agua hasta el Tanque Arias. Esta tubería de conducción, aunque en su mayor parte se encuentra enterrada, cuenta con varios sectores de tubería expuesta.

2.1.3.1.4 Naciente Valverde

Esta naciente se encuentra en una finca ganadera privada. Se ubica a unos cuatro metros de una quebrada, en una ladera con una fuerte pendiente. Posee un área con cobertura vegetal de 20 m de

radio delimitada por una cerca de alambre de púas. Posee tres cámaras de captación, cada una con 0,36 m² de área, 30 cm de profundidad y una salida en la parte inferior con tubería de PVC de una pulgada de diámetro. Estas tuberías conjuntan con una única tubería de conducción de dos pulgadas en PVC, que conducen el agua captada hasta el Tanque Cruce.



Figura 14. Las tres captaciones de la Naciente Valverde. Fotografías tomadas durante los recorridos al sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Llano Grande.

2.1.3.2 Tratamiento

Al contar únicamente con nacientes como fuentes de captación en los cuatro sistemas, estos únicamente cuentan con un sistema de filtración y una desinfección respectiva como método de tratamiento. Cada sistema de distribución cuenta con un filtro pulidor como tratamiento para el control de sólidos y turbiedad en la tubería de entrada de cada tanque de almacenamiento. Asimismo, después de este filtro cada tanque cuenta con un clorador en la entrada, donde el fontanero realiza la dosificación de las tabletas de hipoclorito cálcico. Estas tabletas son almacenadas en estañones en una bodega de insumos (ver figura 15).

La ASADA no lleva un control operativo completo para los procesos de tratamiento (turbidez, pH) únicamente mantienen un control de la concentración de cloro residual libre mediante el análisis en los tanques de almacenamiento cada tres días, utilizando un medidor de disco portátil de cloro libre.

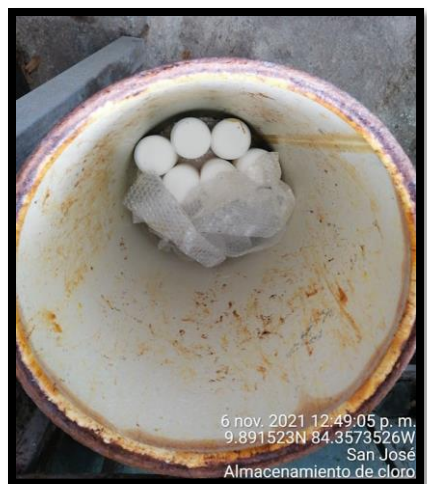


Figura 15. Almacenamiento de pastillas de hipoclorito cálcico. Fotografías tomadas durante los recorridos al sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Llano Grande.

2.1.3.3 Almacenamiento

El sistema cuenta con cuatro tanques, uno para cada naciente en funcionamiento. El material de cada tanque se detalla en el cuadro 10.

Cuadro 10. Estado físico de los Tanques de Almacenamiento de la ASADA de Llano Grande

Nombre de tanque	Material	Estado	Sector que abastece
Ramiro	Plástico	Buen estado	Sector 1
Guevara	Cemento	Mal estado (presenta fisuras y fugas)	Sector 2
Los Arias	Plástico	Buen estado	Sector 3
El Cruce	Plástico	Buen estado (necesita reparaciones leves en las conexiones de entrada y salida de las tuberías)	Sector 4

La ASADA cuenta con un total de 42,5 m³ de almacenamiento sumando la capacidad de todos los tanques que posee. No obstante, si se realizan los cálculos estipulados según la Norma Técnica del AyA (2017), considerando un caudal de producción promedio de 1,56 L/s de todas las fuentes, se debería contar con al menos 63 m³ de almacenamiento total; contemplando los volúmenes de regulación del consumo, de reserva para incendios y de reserva por interrupciones.

2.1.3.3.1 Tanque Ramiro

Este es un tanque de plástico (figura 16) con un volumen de 2,5 m³. Este tanque posee un respiradero en la tubería de salida ubicada en la base del tanque. Posee un check tipo balón antirretorno que ayuda en la remoción de partículas suspendidas en el agua y un clorador en línea para pastillas de hipoclorito cálcico (figura 17). Este tanque está ubicado en una finca privada cuya principal actividad es la producción de caña.



Figura 16. Tanque Ramiro. Fotografías tomadas durante los recorridos al sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Llano Grande.



Figura 17. Check antirretorno y clorador en el tanque Ramiro, Fotografías tomadas durante los recorridos al sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Llano Grande.

2.1.3.3.2 Tanque Guevara

Este es un tanque de concreto semienterrado (Figura 18) de un volumen total de 20 m³. Posee una entrada de agua proveniente de la naciente Chucás en tubería de PVC de cuatro pulgadas de diámetro, con una válvula de bola de PVC. Anterior a esto se encuentra un clorador en línea y un Check antirretorno (ver figura 19). El tanque se encuentra en la propiedad de la familia Guevara, la cual es una finca utilizada para ganado. El tanque no cuenta con una cerca perimetral ni ningún método de aislamiento para el ganado.



Figura 18. Tanque Guevara. Fotografías tomadas durante los recorridos al sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Llano Grande.



Figura 19. Check antirretorno y Clorador Tanque Guevara. Fotografías tomadas durante los recorridos al sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Llano Grande.

2.1.3.3.3 Tanque Arias

Está conformado por un sistema de dos tanques de 5 m³ cada uno (ver figura 20). El primer tanque recibe por la parte superior, en tubería de PVC de dos pulgadas, el agua cruda proveniente de la naciente Bajo Guevara, antes de la entrada, en la tubería se encuentra un filtro check antirretorno. En la salida del tanque, ubicada en la parte inferior, por medio de una tubería PVC de dos pulgadas, se conecta el segundo tanque que presenta el agua clorada. Esta tubería intermedia presenta instalado un clorador en línea.



Figura 20. Tanque Arias. Fotografías tomadas durante los recorridos al sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Llano Grande.

2.1.3.3.4 Tanque Cruce

El tanque cruce presenta el mismo esquema del tanque Arias, conformado por dos tanques de 5 m³ cada uno. Posee tuberías de entrada y salida en dos pulgadas de diámetro (ver figura 21).



Figura 21. Tanque Cruce. Fotografías tomadas durante los recorridos al sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Llano Grande.

2.1.3.4 Tuberías de conducción y distribución

Las tuberías de conducción y distribución son de PVC y polietileno en su totalidad. Al momento de la inspección, la ASADA no contaba con registro de información sobre el diámetro ni la longitud total en metros de las tuberías que operan. Se destacan como problemas, la presencia de conexiones transversales al sistema no contabilizadas y la exposición de la tubería por encima del suelo en ciertos sectores.

Todas las tuberías de conducción presentan varios respiraderos que tienen como fin la liberación de presión (ver figura 22).



Figura 22. Respiraderos en las tuberías de conducción. Fotografías tomadas durante los recorridos al sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Llano Grande.

Todas las tuberías de distribución presentan secciones de tuberías expuestas cercanas a carreteras transitadas (ver figura 23).



Figura 23. Tuberías de distribución expuestas. Fotografías tomadas durante los recorridos al sistema de distribución de agua potable de la ASADA de Llano Grande.

2.1.3.5 Recolección, uso de agua y tratamiento doméstico

La totalidad de los hogares utilizan el agua del acueducto para consumo humano (beber, higiene personal, preparación de alimentos, limpieza del hogar), una porción pequeña utiliza el agua para mantener animales y para la agricultura a pequeña escala. El almacenamiento de agua a nivel doméstico no es común en la comunidad.

2.1.4 Amenazas naturales al sistema

En cuanto a amenazas climáticas, el equipo de trabajo de PSA señala, en las entrevistas realizadas, que en la zona no se han observado patrones climáticos estacionales aparentes, conocidos u observables que causen problemas de calidad del agua. No obstante, como herramienta para la descripción espacial del sistema y la obtención de información respecto a desastres naturales y eventos históricos de la comunidad, se llevó a cabo una reunión con el equipo de PSA, donde se realizó un ejercicio de cartografía social. En este ejercicio, por medio de la utilización de un mapa de la red vial de la comunidad y un mapa base de la comunidad utilizado para visualizar la distribución espacial y la infraestructura de la comunidad (ver figuras 24.1 y 24.2), el equipo identificó los trayectos de las redes de conducción y distribución de los diferentes sistemas, y utilizando una simbología de eventos peligrosos (figura 25), se logró determinar los sitios donde

han ocurrido eventos históricos importantes que presentan amenazas naturales y que pueden afectar la seguridad del funcionamiento del acueducto (ver figura 26 y cuadro 11).

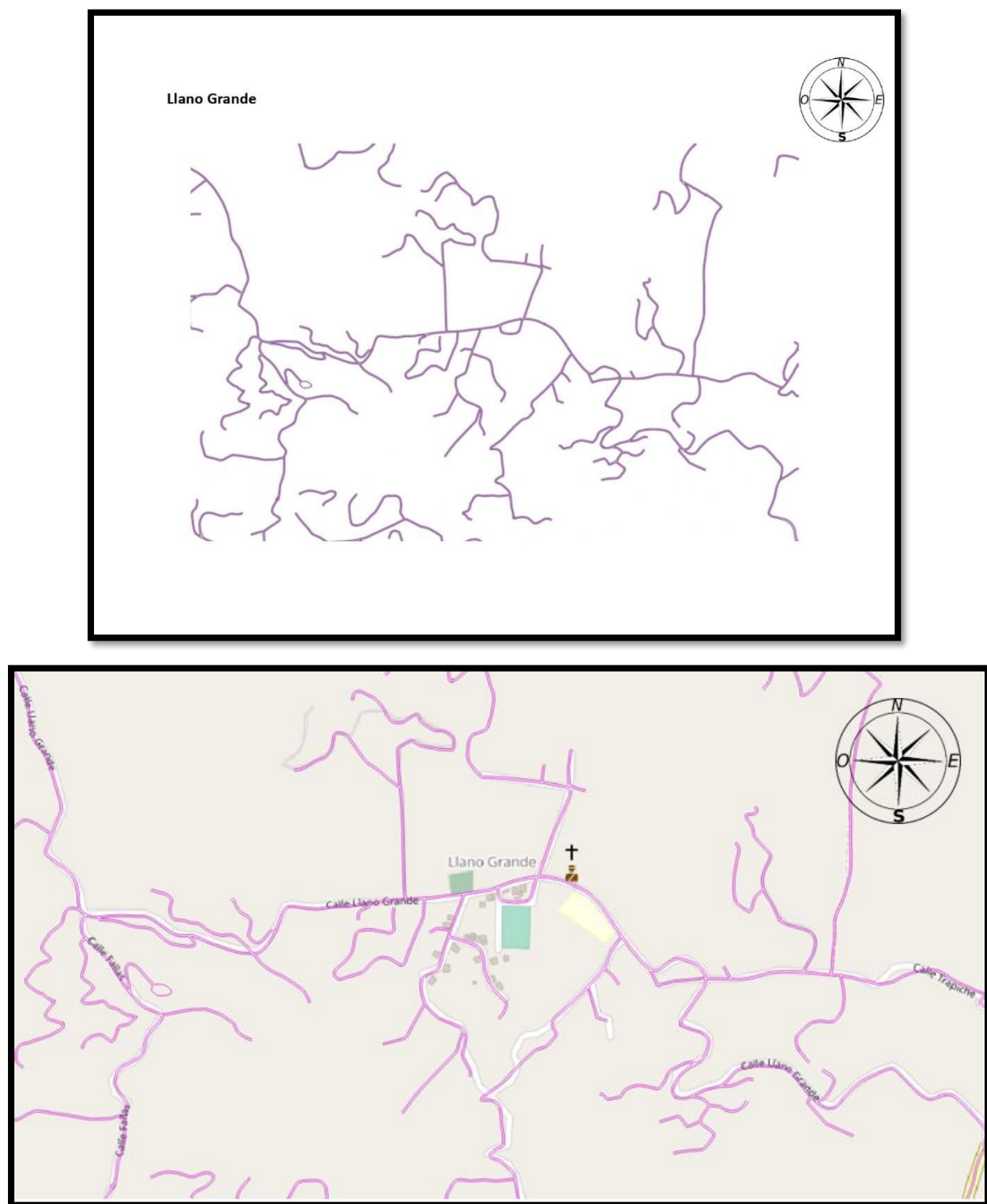


Figura 24.1. Red vial de la comunidad de Llano Grande

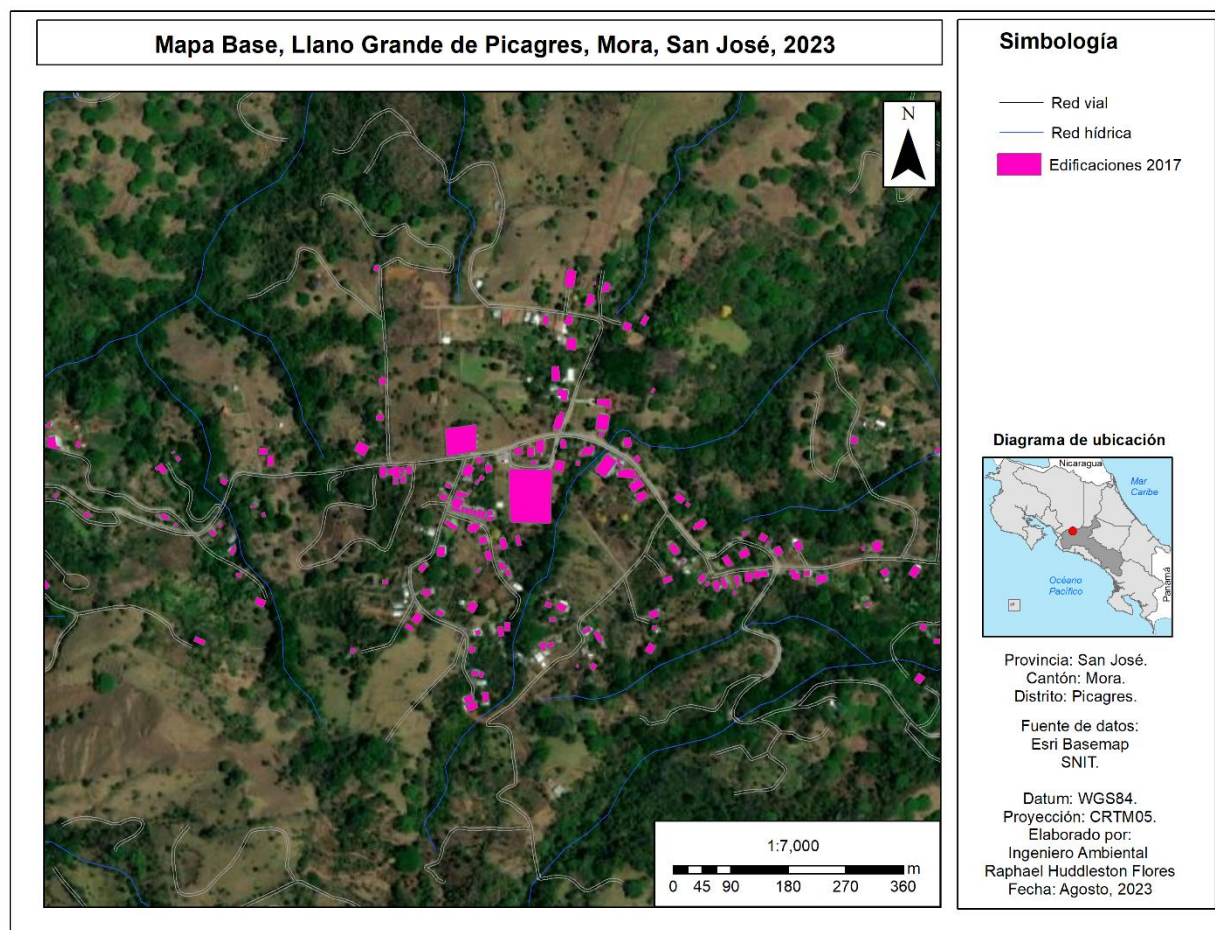
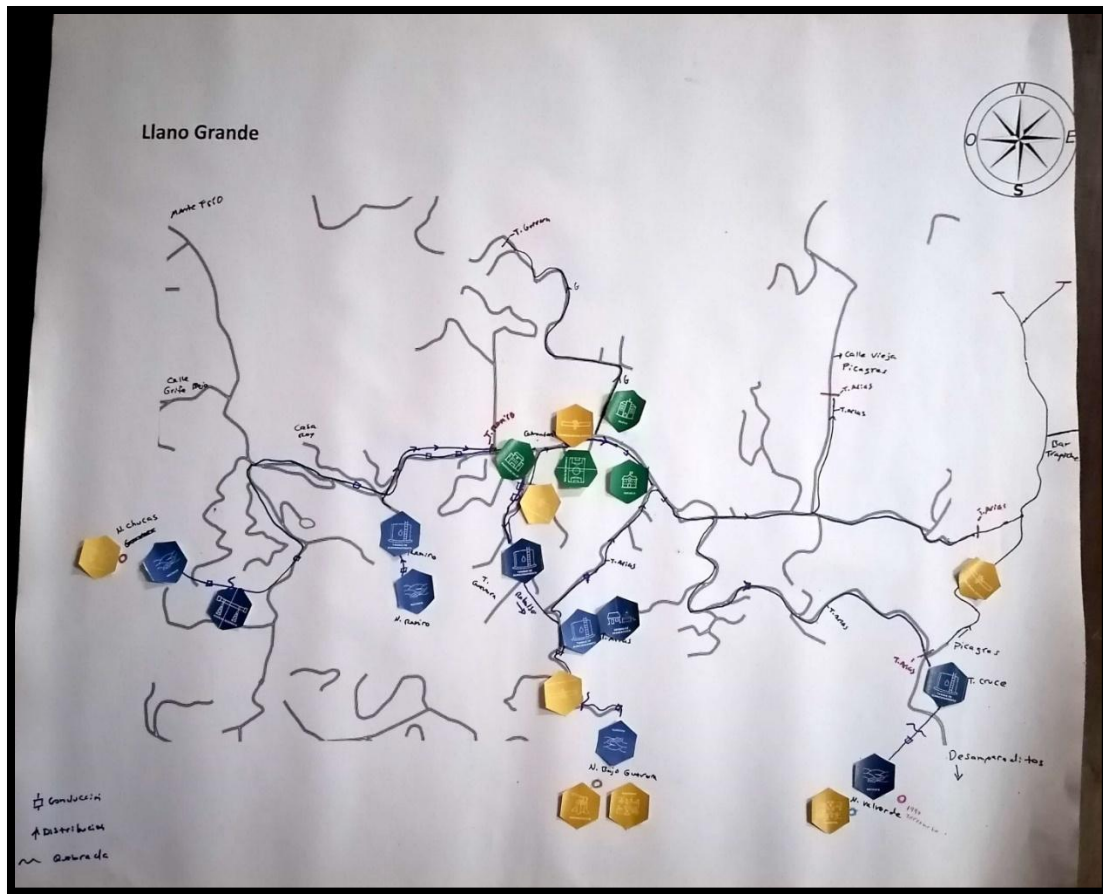


Figura 24.2. Mapa Base, Llano Grande de Picagres de Mora.

SIMBOLOGÍA DE EVENTOS	
	Terremoto (rojo)
	Erupción volcánica (verde oscuro)
	Inundación (azul)
	Lluvias fuertes (celeste)
	Deslizamiento (café claro)
	Tornado (morado)
	Avalancha (anaranjado)
	Vientos fuertes (verde claro)
	Sequía (gris)
	Olas de calor (lila)
	Erosión (café oscuro)
	Otros riesgos, especifique (amarillo)

Figura 25. Simbología de eventos de desastres naturales



Cuadro 11. Eventos históricos que presentan amenazas naturales

Tipo de evento	Lugar	Impacto que generó
Lluvias fuertes	Naciente Valverde	Genera que esorrentía entre en la cámara de captación de la naciente y genera turbiedad considerable en el agua.
Terremoto	Naciente Valverde	El terremoto de 22 de diciembre de 1990 generó que la naciente cambiara su sitio original.
Sequía	Naciente Bajo Guevara	Durante la época seca el caudal generado en la naciente se ha reducido de manera notoria. No se ha llegado a secar del todo, pero cada año su producción se ve afectada.
Deslizamiento	Naciente Chucás	Ocurrió un deslizamiento considerable que causó que el sitio de la naciente cambiara, por ende, un cambio en la infraestructura de captación y conducción.

El equipo de trabajo señala que la actividad ganadera en general, el mantenimiento de animales, el uso de fertilizantes y plaguicidas y la deforestación son actividades potencialmente contaminantes presentes alrededor del sistema de agua potable que pueden presentar un riesgo. De igual forma, señalan que de los principales problemas que tiene el sistema son:

- Falta de la realización de la totalidad de los análisis periódicos que se exigen según el reglamento de Calidad de Agua Potable (control operativo, N1, N2 y N3).
- La condición de infraestructura del tanque Guevara, que requieren reparación o cambio.
- La condición de las zonas aledañas a las nacientes, y el no cumplimiento de las zonas de protección requeridas por ley.

2.1.5 Calidad del agua

La calidad del agua no es monitoreada en su totalidad, únicamente se realizan análisis microbiológicos (Coliformes Fecales y *Escherichia coli*) con una frecuencia semestral. Esto a solicitud del Ministerio de Salud. Los muestreos para estos análisis son realizados en los tanques después del proceso de desinfección. La Asada lleva registros de los análisis realizados desde que se empezaron en el año 2019, y no se ha detectado presencia microbiológica en ninguna ocasión, hasta la fecha consultada el AyA no ha realizado ningún análisis de control de la calidad del agua del acueducto.

Debido a que la ASADA hasta el momento no ha realizado controles de análisis de Nivel uno, dos o tres según el reglamento de Calidad de Agua Potable, se desconoce si hay evidencia de compuestos químicos presentes de manera natural en el área (Hierro, Manganeso, Sulfato, Arsénico, Fluoruro, etc.).

2.1.5.1 Resultados de análisis fisicoquímicos realizados

Como complemento a esta etapa de recolección de información, se realizaron análisis de varios parámetros fisicoquímicos, con el objetivo de aportar un entendimiento mayor a la condición actual de la calidad del agua del acueducto. Se llevaron a cabo muestreos en las captaciones de las nacientes, en los tanques de almacenamiento y al final de la red de cada sistema de abastecimiento de agua (ver cuadro 12). Los análisis de nitrito, nitrato, dureza total y conductividad únicamente se realizaron en las nacientes respectivas.

Cuadro 12. Resultados de análisis fisicoquímicos de las muestras de agua

Análisis	Unidades	Muestra N.º 01 (Naciente Chucas)	Muestra N.º 02 (Tanque Guevara)	Muestra N.º 03 (Naciente Ramiro)	Muestra N.º 04 (Sistema Guevara / Final de Red)	Valor Máximo Admisible¹
pH (25 °C)	-	7,240 ± 0,074	6,920 ± 0,074	6,980 ± 0,074	7,040 ± 0,074	6-8
Turbiedad	NTU	nd	nd	nd	nd	5
Cloro residual libre	mg/l	-	0,260 ± 0,060	-	0,240 ± 0,060	0,3-0,6
*Nitrato	mg/l	0	-	0	-	50
*Nitrito	mg/l	20	-	20	-	100
*Dureza total	mg/l	250	-	250	-	400
Conductividad	µS/cm	124	-	130	-	400

¹ decreto N.º 38924-S Reglamento para la Calidad del Agua Potable del 1º de setiembre del 2015.

Análisis	Unidades	Muestra Nº 05 (Naciente Arias)	Muestra N.º 06 (Tanque Bajo Guevara)	Muestra N.º 07 (Sistema Arias / Final de Red)	Muestra N.º 08 (Naciente Valverde)	Valor Máximo Admisible¹
pH (25 °C)	-	7,130 ± 0,074	7,160 ± 0,074	7,120 ± 0,074	6,800 ± 0,074	6-8
Turbiedad	NTU	nd	nd	nd	nd	5
Cloro residual libre	mg/l	-	0,360 ± 0,060	0,29 ± 0,060	-	0,3-0,6
*Nitrato	mg/l	0	-	-	0	50
*Nitrito	mg/l	20	-	-	20	100
*Dureza total	mg/l	250	-	-	250	400
Conductividad	µS/cm	162	-	-	290	400

¹ Decreto N.º 38924-S Reglamento para la Calidad del Agua Potable del 1º de setiembre del 2015.

Análisis	Unidades	Muestra	Muestra	Valor Máximo Admisible ¹
		N.º 09 (Tanque Cruce)	N.º 10 (Sistema Cruce/Final de red)	
pH (25 °C)	-	6,800 ± 0,074	6,790 ± 0,074	6-8
Turbiedad	NTU	nd	nd	5
Cloro residual libre	mg/l	0,220 ± 0,060	0,210 ± 0,060	0,3-0,6
*Nitrato	mg/l	0	-	50
*Nitrito	mg/l	20	-	100
*Dureza total	mg/l	250	-	400
Conductividad	µS/cm	-	-	400

¹ decreto N° 38924-S Reglamento para la Calidad del Agua Potable del 1° de setiembre del 2015.

Cuadro 13. Métodos de Análisis Ejecutados

Analito	Referencia	Límite de Detección	Límite de Cuantificación
pH (25 °C)	SM 4500-H	-	Ámbito: (0 a 14) unidades de pH
Turbiedad	SM 2130 B	-	(1 a 1000) NTU
Cloro residual	SM 4500-Cl G	0,04 mg/l	0,08 mg/l

Fuente: Standard Methods (2017).

Como se logra apreciar en el cuadro 12, únicamente hay un incumplimiento de los límites del reglamento, específicamente en los resultados de concentración de cloro residual libre. Los sitios: Tanque Guevara, Sistema Guevara / Final de Red, Sistema Arias / Final de Red, Tanque Cruce y Sistema Cruce/Final de red, mostraron concentraciones por debajo del límite mínimo permitido de 0,3 mg/l de cloro residual libre. Aunque estos valores presentan un incumplimiento a la normativa y consecuentemente, una menor concentración de este agente químico disminuye la capacidad de desinfección, la OMS en la cuarta edición de las Guías para la calidad del agua potable (2017) menciona específicamente que en los puntos de consumo, la concentración residual mínima de cloro libre debe ser de 0,2 mg / l y se debe mantener esta concentración en todo el sistema de distribución.

Los demás parámetros medidos no presentaron incumplimiento a los valores máximos admisibles de la normativa de calidad de agua potable.

2.1.6 Encuesta de Percepción

En esta sección se logran apreciar los resultados de la encuesta de percepción realizada a los usuarios de la ASADA. La finalidad de este ejercicio consistió en valorar la existencia de algún evento peligroso u oportunidad de mejora apreciada por parte de los clientes de la ASADA en términos del servicio brindado, como complemento a la fase de diagnóstico y de identificación de mejoras.

Se puede apreciar en general que todas las respuestas a todas las preguntas realizadas muestran una percepción donde la mayoría de los clientes se encuentran satisfechos con los servicios brindados.

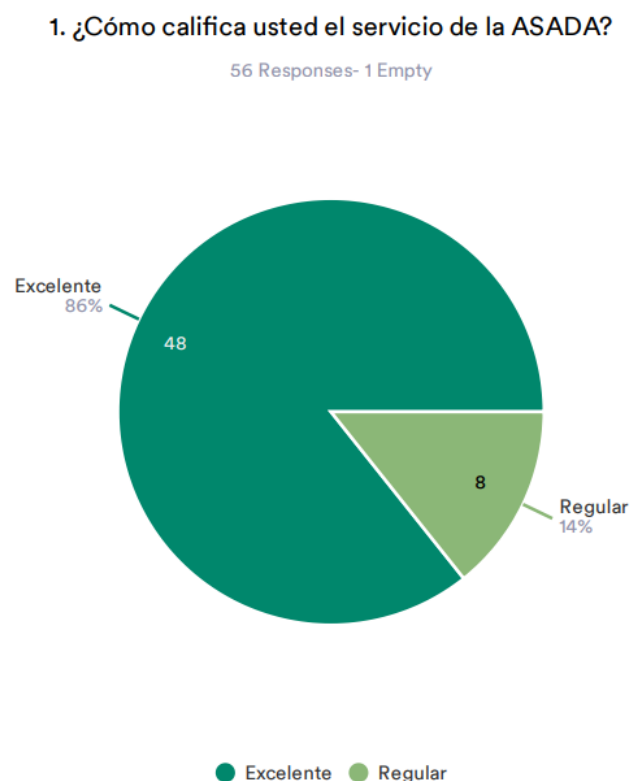


Figura 27. Porcentaje de respuestas a la percepción del servicio de la ASADA.

Como se logra apreciar en la figura 27, la gran mayoría de las personas encuestadas califican el servicio general de la ASADA como excelente y el 14% restante lo califican como un servicio

regular. Pudiéndose catalogar la percepción del servicio general de la ASADA como satisfactorio hasta el momento, ya que ninguna persona muestra una percepción negativa del servicio brindado.

2. ¿Conoce de dónde proviene el agua de la ASADA?

56 Responses- 1 Empty

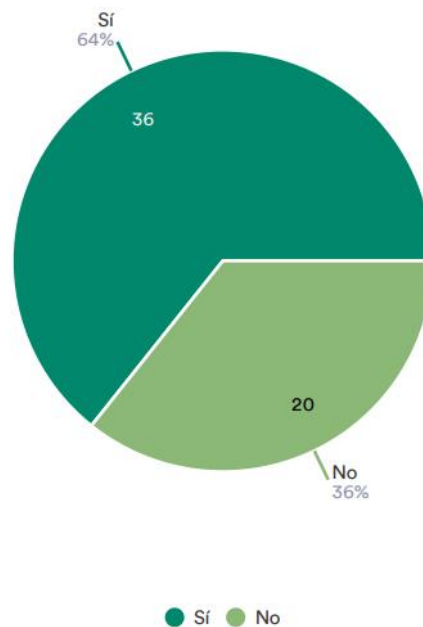


Figura 28. Porcentaje de respuestas sobre el conocimiento de las fuentes de agua potable de la ASADA.

La figura 28 muestra que un mayor porcentaje de personas (64%) se encuentran informadas sobre de donde proviene el agua que consumen. El 36% restante no tiene conocimiento sobre las fuentes con las que cuenta la comunidad. A pesar de ser una mayoría la cantidad de personas informadas no es un porcentaje considerablemente alto, mostrando una oportunidad de mejora en cuanto educación y divulgación de información con respecto de al manejo del recurso en la comunidad.

3. ¿Ha notado que el agua que llega a su casa se ve turbia (con color o tierra)?

56 Responses- 1 Empty

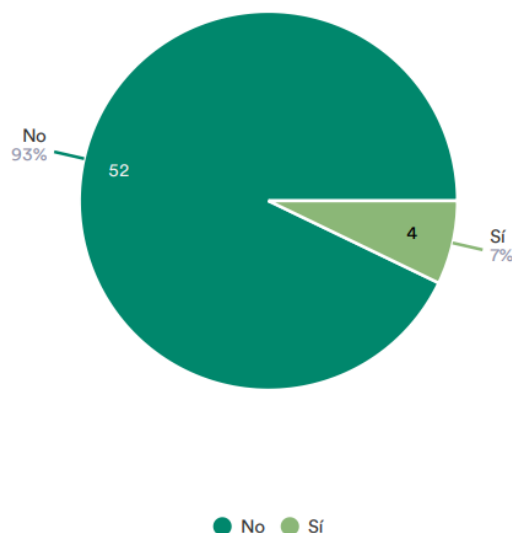


Figura 29. Porcentajes de percepción de turbiedad en el agua.

Con respecto a la percepción de turbiedad, la gran mayoría de las personas, un 93%, como se aprecia en la figura 29, reportan no haber presenciado ningún problema de turbiedad en el agua. Únicamente un 7 % (un total de cuatro personas) reportan algún tipo de problema relacionado a la turbiedad, no obstante, en las especificaciones de la pregunta dieron la aclaración de que no ha sido un tema constante y únicamente han sido eventos aislados.

4. ¿Nota que el agua que llega a su casa presenta algún olor o sabor?

56 Responses- 1 Empty

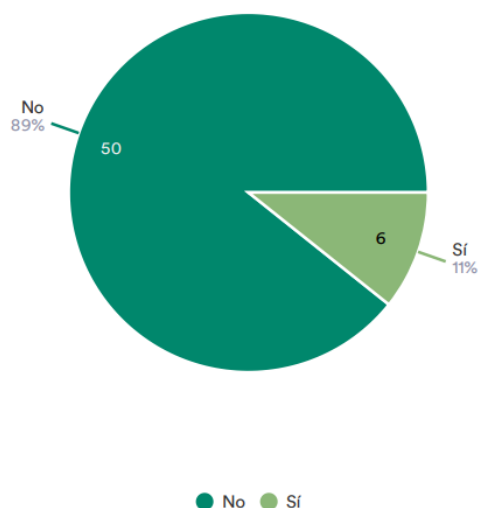


Figura 30. Porcentaje de percepción al olor o sabor del agua.

La figura 30 muestra que únicamente el 11 % (6 personas) reportan problemas relacionados con el olor o el sabor en el agua. La totalidad de estas respuestas negativas hacían referencia, en las especificaciones de la pregunta, a la cantidad de cloro que han logrado apreciar en el agua que consumen. Esta es información importante ya que aclara la importancia de mantener las concentraciones de cloro dentro de los umbrales recomendados por el reglamento de calidad de agua potable, ya que concentraciones superiores al límite máximo pueden causar un rechazo organoléptico por parte de los consumidores.

5. ¿Cómo califica usted la calidad del agua que llega a su casa?

56 Responses- 1 Empty

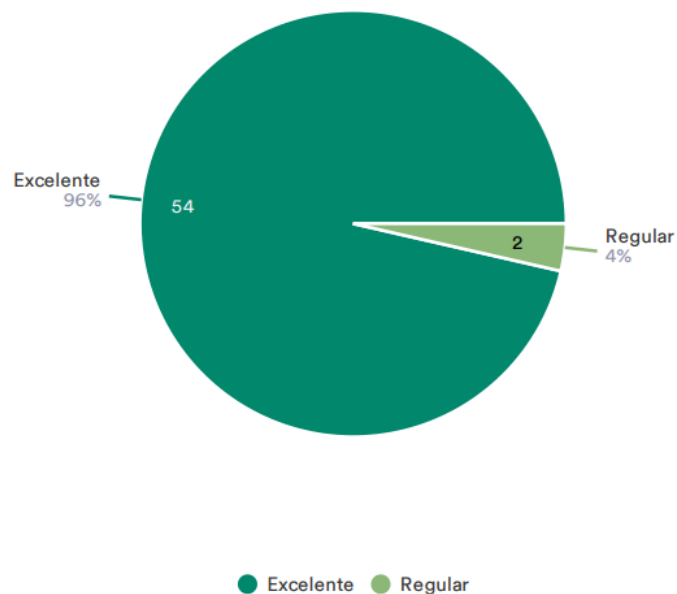


Figura 31. Porcentaje de las respuestas de apreciación de la calidad del agua de la ASADA.

La gran mayoría de las personas clasifican la calidad del agua de la ASADA como excelente y únicamente dos personas encuestadas la califican como agua con calidad regular, ver figura 31. Pudiéndose catalogar la percepción de la calidad del agua otorgada por ASADA como satisfactoria hasta el momento, ya que ninguna persona muestra una percepción negativa.

6. ¿Considera que la comunidad presenta problemas de escasez de agua?

56 Responses- 1 Empty

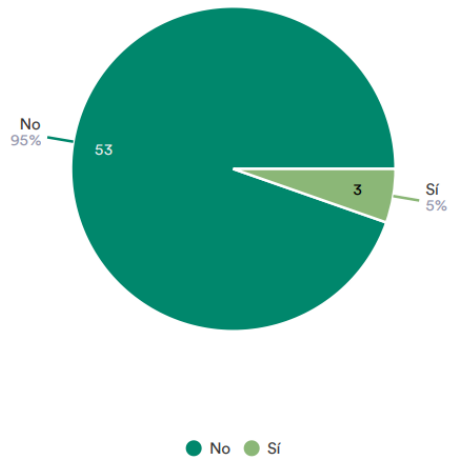


Figura 32. Porcentaje de respuestas sobre la percepción sobre la escasez de agua de la ASADA.

El 95% de las personas consultadas reportan no tener ninguna percepción de que la comunidad presenta problemas de escasez de agua, mientras que únicamente 5% (tres personas) muestran que si existe un problema. Dentro de las respuestas de las especificaciones para la pregunta, las tres personas que respondieron la existencia de un problema de escasez hicieron referencia a su percepción con respecto a la problemática del cambio climático a futuro, no a la condición actual del acueducto.

7. ¿Almacena agua (para consumo humano) proveniente de la ASADA en su casa?

57 Responses- 1 Empty

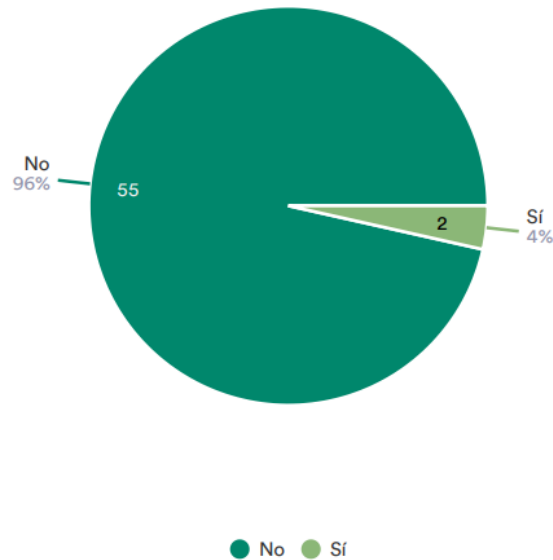


Figura 33. Porcentaje de respuestas de almacenamiento intradomiciliaria.

Con respecto al almacenamiento intradomiciliario únicamente dos personas encuestadas reportan realizar un almacenamiento dentro de sus casas. Dentro de las especificaciones a las respuestas, una de las personas menciona tener agua almacenada en estañones para uso exclusivo en el jardín, y la otra persona menciona tener un tanque de almacenamiento de plástico ubicado en el techo de la casa como medida de respuesta ante alguna emergencia. A pesar de que el porcentaje de personas que reportan un almacenamiento personal del agua es muy bajo, no se debe pasar por alto el riesgo a la salud de las personas que conlleva un mal manejo de esta agua. Es de alta importancia que la ASADA realice esfuerzos para otorgar a sus clientes información con respecto al almacenamiento apropiado del agua en casa y su debida desinfección si se pretendiera utilizar para consumo humano.

8. ¿Considera que la ASADA en la actualidad tiene la capacidad paragarantizar el suministro de agua ante la ocurrencia de una emergencia o desastrenatural?

56 Responses- 1 Empty

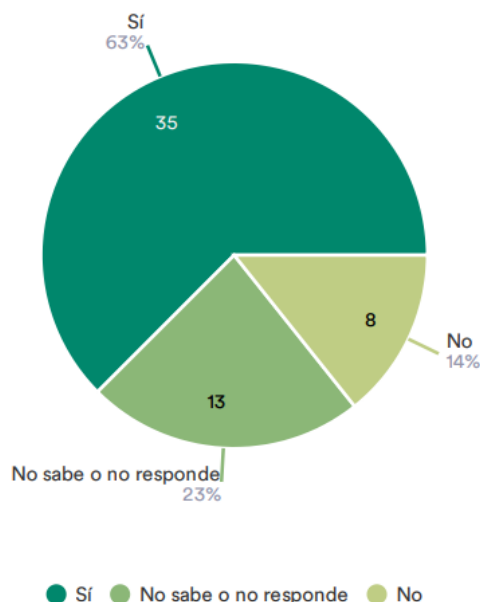


Figura 34. Porcentaje de respuestas sobre la percepción de la capacidad de respuesta de la ASADA ante una emergencia.

La mayoría de las personas consultadas sobre su percepción de la respuesta ante emergencias de la ASADA muestran un resultado positivo, un 63%, mostrando confianza sobre la labor realizada por la junta directiva actual. Por otro lado, un 14% muestra una percepción negativa y un 23% no sabe o prefiere no responder. El desconocimiento y la desconfianza por parte de un alto porcentaje de los encuestados muestra la necesidad de realizar esfuerzos en la comunicación activa de la labor que ha realizado el acueducto en cuanto a ejercicios de identificación de posibles desastres naturales en la zona y la elaboración de planes de emergencias realizados.

2.1.7 Balance Hídrico

2.1.7.1 Producción de fuentes de abastecimiento

Cuadro 14. Fuentes de abastecimiento (datos de aforos para el año 2021).

Naciente	Caudal-Q (L/s)
Naciente Chucás	1,65
Naciente Bajo Guevara	1,37
Naciente Valverde	1,11
Total (L/s)	4,13

Fuente: registros de la ASADA de Llano Grande.

Debido a los registros limitados de la ASADA, la producción de las fuentes se toma como constante para las proyecciones realizadas a cinco años, es decir para cada uno de los años calculados, la proyección se mantiene en 4,13 L/s sin variación, lo cual no es adecuado en el contexto de cambio climático actual. Por esta razón, se insta a la ASADA a seguir recopilando y analizando sus registros de aforos, para identificar si existe una tendencia clara de reducción en su producción, y así considerar e incorporar datos más exactos en futuros cálculos del balance hídrico. Con la adición de esta información las estimaciones pueden tener mayor veracidad y la ASADA podrá adaptarse más fácilmente a las condiciones de disponibilidad de agua del futuro.

2.1.7.2 Cálculo de crecimiento poblacional

Cuadro 15. Población abastecida por el acueducto

Cantidad de servicios equivalentes:	237	servicios
Factor hacinamiento:	3,11	personas/casa (INEC, 2011)
Población abastecida:	737	personas

Cuadro 16. Proyección de población abastecida por el acueducto en un intervalo de análisis de cinco años, utilizando un porcentaje de crecimiento poblacional anual de 1,6% (INEC, 2011).

Año	2022	2027	2032	2037	2042
Población	737	799	866	939	1018
Servicios	237	257	279	302	328

Cuadro 17. Registro de micro mediciones del año 2021, cálculo de la dotación mensual del acueducto y de la dotación máxima por persona por día.

Mes	Servicios	Total, micro medición m³	Total, de días del mes	Dotación mensual (l/p/d)
<i>Enero</i>	213	3130	<i>31</i>	152
<i>Febrero</i>	213	2976	<i>28</i>	145
<i>Marzo</i>	213	2976	<i>31</i>	145
<i>Abril</i>	213	3211	<i>30</i>	156
<i>Mayo</i>	213	2280	<i>30</i>	111
<i>Junio</i>	213	2815	<i>30</i>	137
<i>Julio</i>	213	2372	<i>31</i>	115
<i>Agosto</i>	213	2605	<i>31</i>	127
<i>Setiembre</i>	213	2433	<i>30</i>	118
<i>Octubre</i>	213	2433	<i>31</i>	118
<i>Noviembre</i>	213	2410	<i>30</i>	117
Dotación máxima (Litros/persona/día)				156

Cuadro 18. Cuadro de factores utilizados para cálculo de la proyección de la demanda.

Dotación (Litros/persona/día)	156
% de Agua No Contabilizada (ANC)	30%
Factor Máximo Diario utilizado	1,2
Factor Máximo Horario utilizado	1,8

Fuente: Norma Técnica del AyA (2017).

Al acueducto no contar con macro medidores instalados, se selecciona un valor de %ANC de 30 %, es decir, este es el valor estimado de pérdida de agua no contabilizada durante la distribución desde el almacenamiento hasta llegar a los micromedidores instalados para cada servicio.

En el cuadro 19 se pueden ver las proyecciones de caudal promedio, el caudal máximo diario, y el caudal máximo horario, que se calculan según los procedimientos y los factores máximos (diario y horario) establecidos en la Norma Técnica del AyA (2017). El dato del caudal promedio de consumo es extraído de la dotación máxima (Litros/persona/día) calculada en el cuadro 15 para el año 2021.

Cuadro 19. Proyecciones de caudal promedio, el caudal máximo diario, y el caudal máximo horario de la demanda de agua por parte de los consumidores.

Año	2022	2027	2032	2037	2042
Caudal Promedio (L/s)	1,73	1,88	2,04	2,21	2,39
Caudal Máximo Diario (L/s)	2,08	2,26	2,44	2,65	2,87
Caudal Máximo Horario (L/s)	3,74	4,06	4,40	4,77	5,17

Para el cálculo del balance como tal, se utiliza como demanda el caudal máximo diario en L/s y se supone una producción constante de las fuentes en L/s, sus proyecciones al año 2042 se pueden observar en el cuadro 20.

Cuadro 20. Resumen de Resultados del Balance Hídrico

Proyecciones					
Año	Servicios	Demanda (L/s)	Producción (L/s)	Balance Hídrico (L/s)	Interpretación
2022	237	2,08	4,13	2,05	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2027	257	2,26	4,13	1,87	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2032	279	2,44	4,13	1,69	ASADA cuenta con capacidad hídrica
2037	302	2,65	4,13	1,48	ASADA cuenta con capacidad hídrica
2042	328	2,87	4,13	1,26	ASADA cuenta con capacidad hídrica

Crecimiento Poblacional

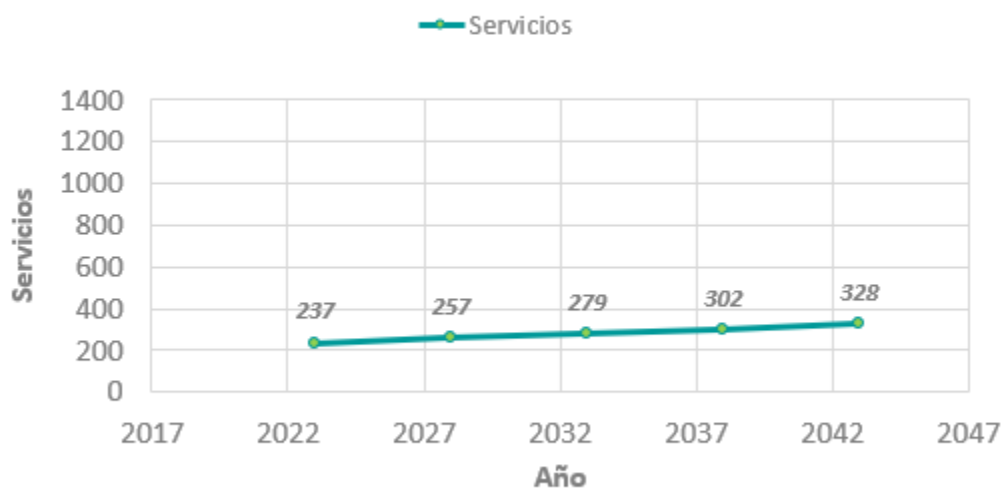


Figura 35. Proyección de crecimiento poblacional.

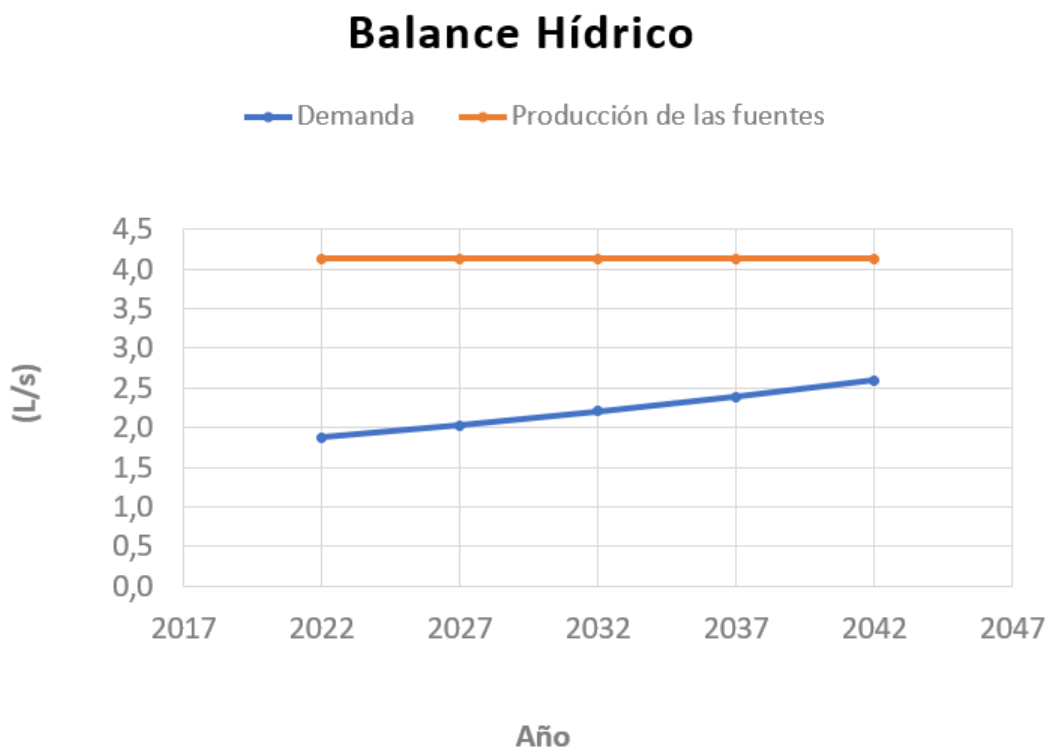


Figura 36. Gráfico de Balance Hídrico de la ASADA de Llano Grande.

Los resultados del Balance hídrico, con proyección a cinco años, y hasta el año 2042, para la ASADA de Llano Grande son favorables; interpretándose que la ASADA cuenta con suficiente capacidad hídrica para su correcto funcionamiento sin la necesidad de buscar nuevas fuentes. Se utilizaron los registros de aforos y de micro medición, únicos disponibles y mantenidos por el acueducto. No obstante, se sugiere, con el fin de obtener resultados más fiables, que en la medida de lo posible se instalen macro medidores para el cálculo apropiado del porcentaje de agua no contabilizada (ANC) y se insta a seguir llevando registros de aforos para identificar si existe una tendencia clara de reducción en su producción, con esto se podrían incorporar datos más exactos en futuros cálculos del balance hídrico.

2.2 Fase dos, identificación de peligros y evaluación de riesgos

2.2.1 Diagnostico e Identificación de Peligros de los componentes del acueducto.

El anexo 10, muestra los resultados del proceso de diagnóstico e identificación del estado de los diferentes componentes del acueducto; se incluye, de igual manera, la evaluación de aspectos administrativos y operacionales del acueducto en los anexos 10.10 y 10.11. Para esto se utilizó una matriz basada en la herramienta SERSA del Ministerio de Salud, a la cual se le agregaron elementos del manual de elaboración de PSA de la OMS y la herramienta GIRA del PNUD.

2.2.1.1 Diagnostico de peligros en las Nacientes.

Como principal hallazgo en el proceso de identificación de peligros en las nacientes (ver anexos 10.1 al 10.4), notamos que en todas ellas existe una ausencia de mallas de protección que eviten el acceso de personas y animales y una ausencia de canales perimetrales alrededor de las cámaras de captación existentes, que cumplan con el objetivo de proteger la fuente de contaminación por escorrentía.

Con respecto a estas puntuaciones preliminares, notamos según los resultados obtenidos, que las nacientes que presentan un nivel de riesgo alto y que por ende deberían ser atendidas con mayor prioridad son las nacientes Ramiro y Valverde, específicamente por las condiciones de deterioro o ausencia de sus cámaras de captación. Por otro lado, las nacientes Bajo Guevara y Chucás mostraron un nivel de riesgo preliminar medio y bajo respectivamente.

2.2.1.2 Diagnostico de peligros en los tanques

Con respecto a la situación en los tanques (ver anexos 10.5 al 10.8), se observó de manera general, durante la identificación de peligros, que los tanques Guevara y Ramiro no se encuentran cercados en su totalidad, o en el caso del tanque Arias la cerca existente no es un resguardo suficiente para el acceso de personas o animales. Por otro lado, los tanques Ramiro y Arias no cuentan con un candado o cierre seguro en sus tapas y tanto el tanque Guevara como el Cruce presentan grietas considerables.

2.2.1.3 Diagnostico de peligros en las redes de conducción y distribución.

En el caso de las redes de conducción y distribución (como se observa en su respectiva matriz de identificación de peligros en el anexo 10.9) el único peligro encontrado fue la presencia de fugas evidentes en las todas las líneas de conducción y en ciertos sectores de la red de distribución del tanque Arias. La evaluación de riesgo preliminar tuvo un resultado de riesgo bajo.

2.2.1.4 Diagnostico de peligros sobre las condiciones administrativas y de operación del acueducto.

La matriz de identificación de peligros aplicada a la condición administrativa del acueducto (ver anexo 10.10), no mostró ni un solo incumplimiento, lo cual otorga un nivel de riesgo preliminar bajo para este rubro.

Por otro lado, la matriz aplicada a las condiciones de operación y calidad del agua (ver anexo 10.11), mostró un resultado preliminar de riesgo alto. Esto debido que a varias situaciones no conformes: 1. Se desconoce la zona de recarga de las fuentes de agua subterránea. 2. El acueducto carece de procedimientos operativos de control de presiones y control de las instalaciones de tuberías y nuevas conexiones. 3. No existen bitácoras con fecha, lugar y fotografía, de las mejoras o mantenimientos realizados al sistema. 4. El acueducto carece de procedimientos de uso de equipo, dosificación de cloro y mantenimiento de componentes (limpieza de fuentes, tanque y redes). 5. No se lleva acabo el control operativo con análisis mensuales de cloro residual libre, turbiedad y olor. 6. No se llevan controles completos semestrales de análisis de nivel 1. 7. No se llevan controles cada tres años de los análisis de N2 y N3.

2.2.2 Evaluación de Riesgos y Determinación de los Puntos Críticos

A continuación, se muestran los resultados del proceso de identificación de eventos peligrosos y evaluación de los riesgos asociados al diagnóstico realizado en la sección anterior. El Anexo 11 muestra las matrices de riesgos completadas para cada componente del sistema de abastecimiento de agua y para los peligros identificados de operación y calidad del agua en el acueducto. Las matrices incluyen fotografías de evidencia de los peligros encontrados y el debido proceso de evaluación de riesgo para cada uno.

2.2.2.1 Evaluación de Riesgos y Determinación de los Puntos Críticos en las nacientes

En esta sección de evaluación de riesgos para las nacientes, se encontraron, en general, veinte eventos peligrosos en total, once de los cuales presentaron un nivel de riesgo muy alto o alto, cinco presentaron un nivel medio y cuatro un nivel Bajo.

Cuadro 21. Eventos peligrosos encontrados en las cuatro nacientes de la ASADA.

Naciente	Cantidad de Peligros Encontrados				Total
	Riego Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	
Chucás	1	1	2	0	4
Ramiro	1	2	2	1	6
Bajo los Guevara	1	1	2	1	5
Valverde	1	1	2	1	5
Total	4	5	8	3	20

Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en la naciente Chucás:

Para la naciente Chucás específicamente, el equipo de trabajo decide considerar como puntos críticos lo siguiente: la defecación por parte de animales en los alrededores de la naciente no cercada y la contaminación por escorrentía debido a la ausencia de canales perimetrales. Ambos con un nivel de riesgo alto, el anexo 11.1 muestra estos resultados.

Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en la naciente Ramiro:

Caso similar a la naciente Chucás, como punto crítico, se considera que el sitio de captación de la naciente Ramiro carece de malla de protección a su alrededor, propiciando la afectación por personas o animales, de igual forma, la ausencia de canales perimetrales aumenta el riesgo de contaminación por escorrentía. No obstante, es catalogado como un riesgo muy alto el hecho de que una de tomas de agua que posee esta naciente no cuente con una cámara de captación como tal, ya que la toma queda expuesta a cualquier tipo de contaminación, como excrementos de aves u otras heces que pueden entrar en contacto y contaminar la fuente de agua, al igual que por escorrentía.

Un caso particular del acueducto ocurre en esta naciente, y es la proximidad de su ubicación con un terreno cultivado con caña de azúcar ubicado a escasos metros, lo que demuestra ser un claro peligro de contaminación por agroquímicos, ya sea por aspersión o por posible infiltración y afectación al manto acuífero. El equipo de trabajo considera según su conocimiento de la zona, que, al ser una finca pequeña, sin gran actividad productiva o industrial y cuya utilización de insumos agrícolas no es extensivo, decide catalogar este peligro con un nivel de riesgo medio, ver anexo 11.2.

Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en la naciente Bajo los Guevara:

La naciente Bajo los Guevara presenta ausencia de malla de protección y ausencia de canales perimetrales, y al igual que las dos nacientes anteriores, a estas situaciones se le otorga un nivel de riesgo alto, ver anexo 11.3. No obstante, el riesgo más prioritario que presenta la naciente es la existencia de un bebedero de ganado aledaño a la captación, donde se puede observar claramente que existe presencia recurrente de ganado y la presencia de excretas en la zona, esta situación es catalogada como un peligro con nivel de riesgo muy alto debido a la alta posibilidad de contacto de la defecación del ganado con la naciente, lo que puede ser fuente entrada de agentes patógenos del ganado cuando llueve, como *Cryptosporidium*, *Vibrio cholerae*, *Escherichia coli*, *Shigella* (provoca disentería), entre otros.

Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en la naciente Valverde:

La naciente Valverde presenta nuevamente puntos críticos relacionados con la ausencia de malla de protección y canales perimetrales, obteniendo niveles de riesgo altos, ver anexo 11.4. Sin embargo, esta naciente, similar a la Ramiro, presenta tres tomas de agua, y en este caso específico dos de ellas presentan cámaras de captación con un deterioro casi total. La toma restante presenta deterioro leve consistiendo grietas y daño en la estructura. Debido a la gravedad de peligro que esta situación presenta, se le otorga un nivel de riesgo muy alto.

2.2.2.2 Evaluación de Riesgos y Determinación de los Puntos Críticos en los tanques

Durante la evaluación del riesgo en los tanques, se encontraron un total de catorce eventos peligrosos, cinco de los cuales presentaron un nivel de riesgo alto, seis un nivel medio y tres un nivel bajo (cuadro 22).

Cuadro 22. Eventos peligrosos encontrados en los cuatro tanques de la ASADA.

Tanque	Cantidad de Eventos Peligrosos Encontrados				Total
	Riego Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	
Guevara	1	1	2	0	4
Ramiro	1	3	1	0	5
Arias	1	2	1	0	4
Cruce	0	0	1	0	1
Total	3	6	5	0	14

Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en el tanque Guevara:

Para el tanque Guevara, se presentan tres puntos críticos específicos (eventos peligrosos con niveles de riesgo medio, alto o muy alto), dos relacionados con la ausencia de una cerca protectora, situación que puede generar contaminación y daños, debido al acceso de animales o personas, otorgando clasificaciones de riesgo alto y medio respectivamente; por otro lado, tenemos la situación específica de que el tanque presenta grietas en su infraestructura física, aumentando la

posibilidad de que posibles sustancias contaminantes entren en contacto con el agua almacenada, a esta condición se lo otorga un nivel de riesgo alto, ver anexo 11.5.

Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en el tanque Ramiro:

El tanque Ramiro, por otro lado, presenta la misma situación que la naciente que lo abastece, se encuentra ubicado muy cercano a una finca productora de caña de azúcar, poniéndolo en la misma situación de posibilidad de contaminación por agroquímicos, por aspersión mayormente. Al ser un depósito plástico con su respectiva tapa este riesgo se considera que presenta un nivel de riesgo medio. No obstante, el tanque carece de un candado o un sistema de cierre seguro, por lo que cualquier persona puede abrir la tapa y de esa forma pueden ingresar contaminantes o sufrir vandalismo, esto en si en su peligro cuyo nivel de riesgo fue catalogado como medio, ver anexo 11.6.

Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en el tanque Arias:

La zona donde se encuentran ubicados los dos tanques Arias presenta tres puntos críticos en específico, dos relacionados a la ausencia de una cerca protectora que impida el acceso a personas y animales y el tercero relacionado a la ausencia de método de cierre de las tapas. El tanque en la actualidad cuenta con una cerca, pero esta es de alambre de púas y no presenta las condiciones necesarias para resguardar el tanque apropiadamente. Por otra parte, ninguno de los dos tanques utilizados cuenta con un sistema de cierre por lo que pueden ser propicios a vandalismo o al ingreso de contaminantes por este medio, ver anexo 11.7.

Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en el tanque Cruce:

El Tanque cruce cumple con todos los criterios evaluados, por lo que únicamente presenta un solo peligro y punto crítico en específico, la infraestructura del tanque presenta grietas que propician que posibles contaminantes lleguen al agua almacenada en el tanque. Esta situación, que es crítica, puede ser resuelta en el corto plazo, pero presenta un alto riesgo, por lo que el equipo de trabajo le otorga una clasificación de riesgo alto, ver anexo 11.8.

2.2.2.3 Evaluación de Riesgos y Determinación de los Puntos Críticos en las redes de conducción y distribución.

En el caso de las redes de conducción y distribución, se encontraron únicamente dos eventos peligrosos, ver Anexo 11.9; el primero, la presencia de fugas en las redes de distribución específicamente es considerado con un nivel de riesgo muy alto, debido a que el agua que estas suministran ya ha pasado por el tratamiento existente y por ende se encuentra expuesta a cualquier afectación que a partir de ese momento llegara al consumidor final.

2.2.2.4 Evaluación de Riesgos y Determinación de los Puntos Críticos relacionados con la operación y calidad del agua en el acueducto.

Referente a la evaluación en términos de la operación y la calidad del agua notamos eventos peligrosos que presentan niveles de riesgos elevados: la carencia de un control operativo establecido y la carencia de controles de los análisis de N1 completos, N2 y N3, ambos obteniendo niveles de riesgos altos, ver anexo 11.10.

2.3 Fase metodológica tres, elaboración del plan de mejora y monitoreo.

2.3.1 Plan de Mejora

En esta sección a partir de los resultados de la evaluación de los riesgos, se diseñó el plan de mejora para cada uno de los eventos peligrosos analizados en todos los componentes del acueducto. En los siguientes cuadros se encuentran definidos los controles adicionales necesarios y sus respectivos plazos. Estos últimos se encuentran definidos a partir de la entrega del presente PSA al AyA y según el nivel de priorización otorgado en la sección 2.2.2 Evaluación de Riesgos y Determinación de los Puntos Críticos, siendo a los puntos críticos a los que se les da la mayor precedencia según su clasificación. Este proceso se llevó a cabo considerando los aportes del todo el equipo de trabajo.

2.3.1.1 Planes de mejora en las nacientes

Cuadro 23. Plan de mejora para la naciente Chucás.

Nombre de naciente: Chucás							
Plan de mejora							
Evento peligroso	Calificación de Riesgo	Medidas de control Actual	Control adicional ¿Son necesarios más controles?	Fuentes de financiamiento	Responsable	Plazo	Estado
Defecación por parte de animales en los alrededores de la naciente no cercada	Alto	Revisión por parte de fontanero una vez al mes/ monitoreo microbiológico cada seis meses	Construir malla perimetral	Se deben buscar fuentes externas como donaciones por parte delINDER, municipalidades, empresas privadas u	Junta Directiva	24 meses	En proceso

Daños a la infraestructura causado por animales	Medio	Revisión por parte de fontanero una vez al mes	Construir malla perimetral	ONGs. Existe la posibilidad de solicitar créditos bancarios como los de la Banca para el Desarrollo del Banco Popular o buscar financiamiento con empresas proveedoras.	Junta Directiva	36 meses	En proceso
Vandalismo por parte de personas	Bajo	Revisión por parte de fontanero una vez al mes	Construir malla perimetral				
Contaminación por escorrentía superficial	Alto	Revisión y limpieza por parte de fontanero una vez al mes	Construcción de canales perimetrales				

Cuadro 24. Plan de mejora para la naciente Ramiro.

Nombre de naciente: Ramiro							
Plan de mejora							
Evento peligroso	Calificación de Riesgo	Medidas de control	Control adicional ¿Son necesarios más controles?	Fuentes de financiamiento	Responsable	Plazo	Estado
Defecación por parte de animales en los alrededores de la naciente no cercada	Alto	Revisión por parte de fontanero una vez al mes/ monitoreo de N1 cada seis meses	Construir malla perimetral	Se deben de buscar fuentes externas como donaciones por parte del INDER, municipalidades, empresas privadas u ONGs. Existe la posibilidad de solicitar créditos bancarios como los de la Banca para el	Junta Directiva	24 meses	En proceso
Daños a la infraestructura causado por animales	Medio	Revisión por parte de fontanero una	Construir malla perimetral				

		vez al mes		Desarrollo del Banco Popular o buscar financiamiento con empresas proveedoras.			
Vandalismo por parte de personas	Bajo	Revisión por parte de fontaner o una vez al mes	Construir malla perimetral				
Contaminación por escorrentía superficial	Medio	Revisión y limpieza por parte de fontaner o una vez al mes	Construcción de canales perimetrales		Junta Directiva	36 meses	En proceso
contaminantes (como excrementos de aves u otras heces) puede entrar en la caja y contaminar la fuente de agua, al igual que escorrentía, especialmente en clima húmedo	Muy Alto	Revisión por parte de fontaner o una vez al mes/ monitoreo de N1 cada seis meses	Construcción de cámara de captación o dejar de utilizar esa caja temporalmente	Recursos propios de la ASADA	Junta Directiva	12 meses	En proceso

Contaminación del manto acuífero por infiltración por agroquímicos	Medio	No hay	1. La plantación se encuentra dentro del límite de la zona de protección de la naciente (radio de 100 m) por lo que está incumpliendo con la ley y ellos son quienes deben tomar acciones. 2. Hacer estudios técnicos de suelo para identificar si es posible que la contaminación de la plantación pueda llegar hasta el manto 3. Aumentar el monitoreo de la calidad del agua (enfocado a análisis de fertilizantes y plaguicidas) para que se pueda identificar si hay contaminación y puedan tomar las decisiones pertinentes para proteger la salud de las personas.	Se deben de buscar fuentes externas como donaciones por parte del INDER, municipalidades, empresas privadas u ONGs. Existe la posibilidad de solicitar créditos bancarios como los de la Banca para el Desarrollo del Banco Popular o buscar financiamiento con empresas proveedoras.	Junta Directiva	36 meses	En proceso
--	-------	--------	--	---	-----------------	----------	------------

Cuadro 25. Plan de mejora para la naciente Guevara.

Nombre de naciente: Bajo los Guevara/Arias							
Plan de mejora							
Evento peligroso	Calificación de Riesgo	Medidas de control	Control adicional ¿Son necesarios más controles?	Fuentes de financiamiento	Responsable	Plazo	Estado
Defecación por parte de animales en los alrededores de la naciente no cercada	Alto	Revisión por parte de fontanero una vez al mes/ monitoreo de N1 cada seis meses	Construir malla perimetral	Se deben de buscar fuentes externas como donaciones por parte del INDER, municipalidades, empresas privadas u ONGs. Existe la posibilidad de solicitar créditos bancarios como los de la Banca para el Desarrollo del Banco Popular o buscar financiamiento con empresas proveedoras.	Junta Directiva	24 meses	En proceso
Daños a la infraestructura causado por animales	Medio	Revisión por parte de fontanero una vez al mes	Construir malla perimetral				
Vandalismo por parte de personas	Bajo	Revisión por parte de fontanero una vez al mes	Construir malla perimetral				
Contaminación por escorrentía superficial	Medio	Revisión y limpieza por parte de fontanero	construcción de canales perimetrales		Junta Directiva	36 meses	En proceso

		o una vez al mes					
Contacto de la defecación del ganado con la naciente. Fuente entrada de agentes patógenos del ganado cuando llueve, como Cryptosporidium, Vibrio cholerae, Escherichia coli, Shigella (provoca disentería), entre otros.	Muy Alto	No hay	Construir malla perimetral y mover bebedero de lugar		Junta Directiva	12 meses	En proceso

Cuadro 26. Plan de mejora para la naciente Valverde.

Nombre de naciente: Valverde							
Plan de mejora							
Evento peligroso	Calificación de Riesgo	Medidas de control	Control adicional ¿Son necesarios más controles?	Fuentes de financiamiento	Responsable	Plazo	Estado
Defecación por parte de animales en los alrededores de la naciente no cercada	Alto	revisión por parte de fontanero una vez al mes/ monitoreo de N1 cada	Construir malla perimetral	Se deben de buscar fuentes externas como donaciones por parte del INDER, municipalidades, empresas privadas u ONGs. Existe	Junta Directiva	24 meses	En proceso

		seis meses		la posibilidad de solicitar créditos bancarios como los de la Banca para el Desarrollo del Banco Popular o buscar financiamiento con empresas proveedoras.			
Daños a la infraestructura causado por animales	Medio	revisión por parte de fontaner o una vez al mes	Construir malla perimetral				
Vandalismo por parte de personas	Bajo	revisión por parte de fontaner o una vez al mes	Construir malla perimetral				
Contaminación por escorrentía superficial	Medio	revisión y limpieza por parte de fontaner o una vez al mes	construcción de canales perimetrales		Junta Directiva	36 meses	En proceso
contaminantes (como excrementos de aves u otras heces) puede entrar en la caja y contaminar la fuente de agua, al igual que escorrentía, especialmente en clima húmedo	Muy Alto	Revisión y limpieza por parte de fontaner o una vez al mes/ monitoreo de N1 cada seis meses	Construir nuevas cámaras de captación	Recursos propios de la ASADA	Junta Directiva	12 meses	En proceso

2.3.1.2 Planes de mejora en los tanques

Cuadro 27. Plan de mejora para el tanque Guevara.

Nombre de Tanque: Guevara							
Plan de Mejora							
Evento peligroso	Calificación de Riesgo	Medidas de control	Control adicional ¿Son necesarios más controles?	Fuentes de financiamiento	Responsable	Plazo	Estado
Defecación por parte de ganado y otros animales en los alrededores del tanque no cercado	Alto	revisión por parte de fontanero una vez al mes/ monitoreo de N1 cada seis meses	Construir malla perimetral	Se deben de buscar fuentes externas como donaciones por parte del INDER, municipalidades, empresas privadas u ONGs. Existe la posibilidad de solicitar créditos bancarios como los de la Banca para el Desarrollo del Banco Popular o buscar financiamiento con empresas proveedoras.	Junta Directiva	36 meses	En proceso
Daños a la infraestructura causado por animales	Medio	revisión por parte de fontanero una vez al mes	Construir malla perimetral				
Vandalismo por parte de personas	Bajo	revisión por parte de fontanero una vez al mes	Construir malla perimetral				
Las grietas permiten que posibles contaminantes lleguen al agua	Alto	No hay	Reemplazar tanque	Recursos propios de la ASADA	Junta Directiva	6 meses	En proceso

almacenada en el tanque							
-------------------------	--	--	--	--	--	--	--

Cuadro 28. Plan de mejora para el tanque Ramiro.

Nombre de Tanque: Ramiro							
Plan de Mejora							
Evento peligroso	Calificación de Riesgo	Medidas de control	Control adicional ¿Son necesarios más controles?	Fuentes de financiamiento	Responsable	Plazo	Estado
Defecación por parte de animales en los alrededores del tanque no cercado	Alto	Revisión por parte de fontanero una vez al mes/ monitoreo de N1 cada seis meses	Construir malla perimetral	Se deben de buscar fuentes externas como donaciones por parte del INDER, municipalidades, empresas privadas u ONGs. Existe la posibilidad de solicitar créditos bancarios como los de la Banca para el Desarrollo del Banco Popular o buscar financiamiento con empresas proveedoras.	Junta Directiva	36 meses	En proceso
Daños a la infraestructura causado por animales	Medio	Revisión por parte de fontanero una vez al mes	Construir malla perimetral				
Vandalismo por parte de personas	Bajo	Revisión por parte de fontanero una vez al mes	Construir malla perimetral				
Que alguien abra la tapa por no contar con un cierre	Medio	Revisión por parte de fontanero una	Colocar sistema de cierre con candado	Recursos propios de la ASADA	Junta Directiva	6 meses	En proceso

seguro y entren contaminantes (como excrementos de aves u otras heces de roedores u otros animales) o sufra de vandalismo por parte de personas.		vez al mes					
Contaminación por aspersión de fertilizantes y agroquímicos	Medio	No hay	1. Aumentar el monitoreo de la calidad del agua (enfocado a análisis de fertilizantes y plaguicidas) para que se pueda identificar si hay contaminación y puedan tomar las decisiones pertinentes para proteger la salud de las personas. 2. utilizar cercas vivas para disminuir la dispersión de los	Recursos propios de la ASADA	Junta Directiva	12 meses	En proceso

			contaminantes vía aérea				
--	--	--	-------------------------	--	--	--	--

Cuadro 29. Plan de mejora para el tanque Arias.

Nombre de Tanque: Arias							
Plan de Mejora							
Evento peligroso	Calificación de Riesgo	Medidas de control	Control adicional ¿Son necesarios más controles?	Fuentes de financiamiento	Responsable	Plazo	Estado
Defecación por parte de animales en los alrededores del tanque no cercado	Alto	Revisión por parte de fontanero una vez al mes/ monitoreo de N1 cada seis meses	Construir malla perimetral	Se deben de buscar fuentes externas como donaciones por parte del INDER, municipalidades, empresas privadas u ONGs. Existe la posibilidad de solicitar créditos bancarios como los de la Banca para el Desarrollo del Banco Popular o buscar	Junta Directiva	36 meses	En proceso
Daños a la infraestructura causado por animales	Medio	Revisión por parte de fontanero una vez al mes	Construir malla perimetral				

Vandalismo por parte de personas	Bajo	Revisión por parte de fontanero una vez al mes	Construir malla perimetral	financiamiento con empresas proveedoras.			
Que alguien abra la tapa por no contar con un cierre seguro y entren contaminantes (como excrementos de aves u otras heces de roedores u otros animales) o sufra de vandalismo por parte de personas.	Medio	Revisión por parte de fontanero una vez al mes	Colocar sistema de cierre con candado	Recursos propios de la ASADA	Junta Directiva	6 meses	En proceso

Cuadro 30. Plan de mejora para el tanque Cruce.

Nombre de Tanque: Cruce							
Plan de Mejora							
Evento peligroso	Calificación de Riesgo	Medidas de control	Control adicional ¿Son necesarios más controles?	Fuentes de financiamiento	Responsable	Plazo	Estado
Las grietas permiten que posibles contaminantes lleguen al agua almacenada en el tanque	Alto	Revisión por parte de fontanero una vez al mes	impermeabilizar y corregir grietas	Recursos propios de la ASADA	Junta Directiva	24 meses	En proceso

2.3.1.3 Planes de mejora en las redes de conducción y distribución

Cuadro 31. Plan de mejora para las redes de conducción y distribución.

Red de conducción y distribución							
Plan de Mejora							
Evento peligroso	Calificación de Riesgo	Medidas de control	Control adicional ¿Son necesarios más controles?	Fuentes de financiamiento	Responsable	Plazo	Estado
Que algún animal, persona o vehículo rompa las tuberías permitiendo la entrada de contaminantes.	Medio	Revisión por parte de fontanero o una vez al mes	Realizar inspecciones con mayor frecuencia para evitar y controlar daños a las tuberías	Recursos propios de la ASADA	Junta Directiva	Inmediato	En proceso
Entrada de contaminantes por medio de la fuga (tierra, heces, agroquímicos, aceites automotrices etc.) y desperdicio de agua.	Muy Alto	Revisión por parte de fontanero o una vez al mes	Reparaciones inmediatas	Recursos propios de la ASADA	Junta Directiva	6 meses	En proceso

2.3.1.4 Plan de mejora para los peligros relacionados con la operación y calidad del agua en el acueducto.

Cuadro 32. Plan de mejora para los peligros relacionados con la operación y calidad del agua en el acueducto.

Operación y Calidad de agua							
Plan de mejora							
Evento peligroso	Calificación de Riesgo	Medidas de control Actual	Control adicional ¿Son necesarios más controles?	Fuentes de financiamiento	Responsable	Plazo	Estado
Contaminación por infiltración al manto acuífero	Medio	No hay	Investigar y documentar las fuentes de agua subterránea	Recursos propios de la ASADA	Junta Directiva	36 meses	En proceso
Problemas de presión en la red de distribución	Bajo	Solo el fontanero tiene conocimiento	Generar y realizar revisiones anuales a los procedimientos de control con el fin de realizar mejoras/ realizar mediciones periódicas de presión y documentarlos en una bitácora	Recursos propios de la ASADA	Junta Directiva	12 meses	En proceso
Instalaciones mal realizadas o defectuosas	Medio	Solo el fontanero tiene conocimiento	Generar y realizar revisiones anuales a los procedimientos de control con el fin de realizar mejoras	Recursos propios de la ASADA	Junta Directiva	12 meses	En proceso

Instalaciones inapropiadas , falta de pruebas	Bajo	Solo el fontanero tiene conocimiento	Realizar un bitácora de mejoras realizadas	Recursos propios de la ASADA	Junta Directiva	12 meses	En proceso
Dosificación inapropiada que mantiene los niveles de cloro residual muy bajos, causando condiciones que propician el crecimiento microbiológico en las tuberías y tanques, o niveles de cloro muy altos que causen problemas organolépticos y rechazo por parte de los consumidores	Medio	Solo el fontanero tiene conocimiento	Generar y realizar revisiones anuales a los procedimientos de control con el fin de realizar mejoras	Recursos propios de la ASADA	Junta Directiva	12 meses	En proceso
Contaminación microbiológica, rechazo por parte del consumidor/ problemas a la salud de las personas/ demandas legales	Alto	Poseen un medidor de cloro rudimentario	Comprar medidores de cloro portátiles y turbidímetros, realizar análisis mensuales y documentarlos en su debida bitácora	Recursos propios de la ASADA	Junta Directiva	12 meses	En proceso
Contaminación por no llevar un monitoreo apropiado de las	Alto	No hay	Coordinar con un laboratorio certificado el análisis periódico de	Recursos propios de la ASADA	Junta Directiva	24 meses	En proceso

siguientes sustancias: aluminio, calcio, cloruro, cobre, dureza total, fluoruro, hierro, magnesio, manganeso, potasio, sodio, sulfato y zinc. Amonio, antimonio, arsénico, cadmio, cromo, mercurio, níquel, nitrato, nitrito, plomo, y selenio./ problemas a la salud de las personas/ demandas legales			los parámetros N2 y N3				
---	--	--	------------------------------	--	--	--	--

2.3.2 Plan de Monitoreo y Procedimientos de operación

A continuación, se define el plan de monitoreo de las medidas de control estipuladas en el plan de mejora. Se detalla los aspectos a monitorear, como se realizará el monitoreo, la frecuencia de monitoreo, así como los puntos de monitoreo, sus responsables, el valor límite o condición crítica y la acción correctiva a realizar si este límite se llegara a sobre pasar.

Cuadro 33. Plan de mejora para los peligros relacionados con la operación y calidad del agua en el acueducto.

componente	Evento peligroso	Medida de monitoreo o inspección					Valor límite o condición crítica	Acción correctiva
		¿Qué?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Quién? (responsable)		
Naciente	Defecación por parte de animales en los alrededores de la naciente	Presencia de microorganismos en el agua	Muestreo y análisis por parte de la contratación de un laboratorio acreditado	cada 6 meses	Cámara de captación	Laboratorio/junta directiva	Coliformes fecales y E. Coli detectables en unidades NMP/100 ml o UFC/100ml	En caso de incumplimiento, al ser la naciente, se debe realizar un aseguramiento de la eficacia del sistema de desinfección posterior
		Estado de infraestructura de malla perimetral una vez construida	Utilizar guía de inspección de naciente	cada 15 días	Naciente y alrededores	Fontanero	Presencia de daños a la infraestructura	Si la infraestructura presenta daño considerable se debe de cesar la distribución de esta fuente hasta la reparación y suplir a la población por medio de las conexiones existentes con los otros sistemas de abastecimiento
	Daños a la infraestructura de la naciente	Inspecciones sobre la condición de la tapa, paredes, canales perimetrales (una vez construidos)	Utilizar guía de inspección de naciente	cada 15 días	Naciente y alrededores	Fontanero	Daño que deje expuesta el agua a contaminantes	Si la infraestructura presenta daño considerable se debe de cesar la distribución de esta fuente hasta la reparación y suplir a la población por medio de las conexiones existentes con los otros sistemas de abastecimiento

	Contaminación por escorrentía superficial/infiltración u otras fuentes	Revisión del interior de la cámara de captación	Utilizar procedimiento de limpieza de naciente	cada 15 días	Naciente y alrededores	Fontanero	Presencia de sólidos o contaminación visible dentro de la cámara de captación	En caso de incumplimiento, se debe de cesar la distribución de esta fuente hasta la reparación y suplir a la población por medio de las conexiones existentes con los otros sistemas de abastecimiento o
		Turbiedad, color, olor y aspecto del agua	Muestreo y análisis por parte de la contratación de un laboratorio acreditado	cada 6 meses/ o cuando sea necesario	Cámara de captación	Laboratorio/junta directiva	límites establecidos en el reglamento de calidad de agua potable	Valorar la contratación adicional de un muestreo por parte de un laboratorio. En caso de incumplimiento, se debe de cesar la distribución de esta fuente hasta la reparación y suplir a la población por medio de las conexiones existentes con los otros sistemas de abastecimiento o
Tanque	Defecación por parte de animales en los alrededores del tanque	Presencia de microorganismos en el agua	Muestreo y análisis por parte de la contratación de un laboratorio acreditado	cada 6 meses	Cámara de captación	Laboratorio/junta directiva	Coliformes fecales y E. Coli detectables en unidades NMP/100 ml o UFC/100ml	En caso de incumplimiento, se debe de cesar la distribución de esta fuente hasta la reparación y suplir a la población por medio de las conexiones existentes con los otros sistemas de abastecimiento o. Realizar una valoración general, aseguramiento de la eficacia del sistema de desinfección, limpieza de tanque y tuberías y condiciones

		Estado de infraestructura de malla perimetral una vez construida	Utilizar guía de inspección de tanque	cada 15 días	Tanque y alrededores	Fontanero	Presencia de daños a la infraestructura	sanitarias generales. Si la infraestructura presenta daño considerable se debe de cesar la distribución de esta fuente hasta la reparación y suplir a la población por medio de las conexiones existentes con los otros sistemas de abastecimiento o
	Daños a la infraestructura del tanque	Inspecciones sobre la condición de la tapa, paredes, sistema de desinfección, tuberías de entrada y salida, respiraderos. Presencia de grietas	Utilizar guía de inspección de tanque	cada 15 días	Tanque y alrededores	Fontanero	Daño que deje expuesta el agua a contaminantes	Si la infraestructura presenta daño considerable se debe de cesar la distribución de esta fuente hasta la reparación y suplir a la población por medio de las conexiones existentes con los otros sistemas de abastecimiento o
	Que alguien abra la tapa por no contar con un cierre seguro y entren contaminantes (como excrementos de aves u otras heces de roedores u otros animales) o sufra de vandalismo por parte de personas.	Inspecciones sobre el estado del candado, la tapa y su funcionamiento	Utilizar guía de inspección de tanque	cada 15 días	Tanque	Fontanero	Daño que deje expuesta el agua a contaminantes	Si la infraestructura presenta daño considerable se debe de cesar la distribución de esta fuente hasta la reparación y suplir a la población por medio de las conexiones existentes con los otros sistemas de abastecimiento o
	Contaminación por aspersión de fertilizantes, agroquímicos y turbiedad	Revisión del agua y el interior del tanque	Utilizar procedimiento de limpieza de tanque	cada 15 días	Tanque y alrededores	Fontanero	Presencia de sólidos o contaminación visible dentro del tanque	En caso de incumplimiento, se debe de cesar la distribución de esta fuente hasta la reparación y

								suplir a la población por medio de las conexiones existentes con los otros sistemas de abastecimiento
		Turbiedad, color, olor y aspecto del agua	Muestreo y análisis por parte de la contratación de un laboratorio acreditado	cada 6 meses/ o cuando sea necesario	Tanque	Laboratorio/junta directiva	límites establecidos en el reglamento de calidad de agua potable	Valorar la contratación adicional de un muestreo por parte de un laboratorio. En caso de incumplimiento, se debe de cesar la distribución de esta fuente hasta la reparación y suplir a la población por medio de las conexiones existentes con los otros sistemas de abastecimiento
		Realizar inspección de filtro pulidor	procedimiento de limpieza de filtros	cada mes	Tanque y alrededores	Fontanero	Presencia de sólidos o contaminación visible dentro del tanque	En caso de incumplimiento, se debe de cesar la distribución de esta fuente hasta la reparación y suplir a la población por medio de las conexiones existentes con los otros sistemas de abastecimiento
Redes de conducción y distribución	Que algún animal, persona o vehículo rompa las tuberías permitiendo la entrada de contaminantes.	Condición de la red	Utilizar procedimiento de inspección de redes	Inspecciones	Redes	Fontanero	Daño que deje expuesta el agua a contaminantes	Si la infraestructura presenta daño considerable se debe de cesar la distribución de esta fuente hasta la reparación y suplir a la población por medio de las conexiones y llaves instaladas que conectan los otros sistemas de

								abastecimiento
	Entrada de contaminantes por medio de la fuga (tierra, heces, agroquímicos, aceites automotrices etc.) y desperdicio de agua.	Presencia de fugas	Procedimientos de control de instalaciones y nuevas conexiones	Inspecciones	Redes	Fontanero	La existencia de fugas	Si la infraestructura presenta daño considerable se debe de cesar la distribución de esta fuente hasta la reparación y suplir a la población por medio de las conexiones y llaves instaladas que conectan los otros sistemas de abastecimiento

En miras del aseguramiento del funcionamiento y la revisión continua de las acciones correctivas, se genera un listado de los procedimientos de operación y tareas de mantenimiento indispensables a generar, las cuales se detallan en el cuadro 34.

Cuadro 34. Procedimientos de operación y tareas de mantenimiento a generar.

Componente	Procedimiento operativo normalizado	Encargado	Frecuencia	Insumo para generar
Naciente	Procedimiento de inspección de naciente	Fontanero	Quincenal	Manual de inspecciones
	Procedimiento de limpieza de captación y naciente	Fontanero	Quincenal	Manual de limpieza de componentes
Tanque	Procedimiento de inspección de tanque	Fontanero	Quincenal	Manual de inspecciones
	Procedimiento de limpieza de tanque	Fontanero	Quincenal exterior del tanque/semestral interior	Manual de limpieza de componentes
	Limpieza de filtros	Fontanero	Cada mes	
	Mantenimiento de los cloradores	Fontanero	Semestral	Manual para la manipulación y

	Procedimiento de cloración y bitácora asociada	Fontanero	Quincenal	dosificación apropiada de pastillas de hipoclorito de sodio.
	Procedimiento de inspección de redes	Fontanero	Quincenal	Manual de inspecciones
Red	Procedimiento de control de presiones	Fontanero	Quincenal	Manual de operación y mantenimiento de las redes de conducción y distribución
	Procedimientos de control de fugas	Fontanero	Quincenal	
	Purga y control de sedimentos	Fontanero	Cada vez que haya un mantenimiento en la red	
	Procedimientos de control de instalaciones y nuevas conexiones	Fontanero	Cada vez que haya una nueva instalación	
	Suspensión del servicio por contaminación de fuentes	Fontanero	En cada caso de emergencia	
	Operación de válvulas	Fontanero	Cada vez que sea necesario	
Tanque/red	Procedimiento de mediciones de control operativo (turbiedad, cloro residual)	Fontanero	Mensual	Manual de muestro, análisis y registro de control operativo

2.3.3 Guía Ante Emergencias

A continuación, se presentan guías con acciones a tomar ante las emergencias identificadas en la fase de reconocimiento de amenazas, realizada por medio de investigación de eventos históricos, información de desastres naturales en la zona y por el ejercicio de cartografía social.

Según los resultados de la fase de identificación de amenazas, las nacientes Valverde y Chucás presentan vulnerabilidad específica a deslizamientos y derrumbes, lo por cual se desarrolla la guía de emergencias ante estos eventos, detallada en el cuadro 35.

De igual forma, la información recopilada en la fase de caracterización del contexto local de la ASADA, donde según proyecciones del informe de Escenarios De Cambio Climático Regionalizados Para Costa Rica del año 2012, que señala una clara disminución de las

precipitaciones en la zona donde está ubicada la comunidad de Llano Grande y según reportes históricos recopilados durante el ejercicio de cartografía social, se presenta la Guía de Emergencias ante sequías, detallada en el cuadro 36.

Cuadro 35. Guía de Emergencias ante el evento de un terremoto o deslizamiento

Terremotos/deslizamientos	
Prevención	Atención durante emergencia
Hay que asegurar que todos los contactos de emergencia se encuentren actualizados (911, policía, departamento de bomberos, Comisión nacional de emergencias, ministerio de salud, AyA, ICE, laboratorios, miembros de la ASADA, miembros importantes de la comunidad).	Notificar al AyA sobre el estado del sistema (Si es necesario, solicite u ofrezca asistencia p. ej., cisternas, equipos de muestreo de agua, generadores)
Identificar clientes prioritarios (por ejemplo, Ebais, escuela, casas con personas enfermas o con necesidades especiales), obtener su información de contacto, mapear su ubicación y desarrollar un plan para restaurar el servicio a esos clientes primero.	Asignar un representante de la ASADA como línea de comunicación con contactos de emergencias
Identificar fuentes alternas: en el caso de Llano grande, se puede disponer de un número adecuado de válvulas operables para aislar las partes afectadas del sistema y para eludir las fuentes de pérdida de presión. Es necesario realizar ejercicios de campo para determinar los requisitos y funcionamiento de las válvulas del sistema. Coordinar con ASADAS aledañas (Desamparaditos, Picagres)	Notificar a los clientes sobre cualquier aviso de la condición del agua, grupos de información, correos, afiches, mensajes por altavoz. Comunicar si el agua está siendo suministrada o no, su calidad y proporcionar información sobre la distribución y ubicaciones.
Establecer contactos con la comisión nacional de emergencias y el AyA, para discutir procedimientos, que pueden incluir movilización de camiones cisterna, líneas temporales de suministro, así como el almacenamiento y distribución.	Realizar evaluaciones de daños para priorizar acciones y reparaciones.
Disponer de recursos económicos ahorrados para emergencias	Asegurarse de que se mantenga la presión en todo el sistema y aislar aquellos tramos donde no lo esté (es importante mantener comunicación con los clientes para obtener este tipo de información).
Solicitar fondos estatales o internacionales para desastres (p. ej., Comisión Nacional de Emergencias, Estados Unidos - United States Agency for International Development (USAID), Suiza - Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC), Canada - Canadian International Development Agency, China - China International Development Cooperation Agency (CIDCA).	Aislar y controlar fugas en tuberías de distribución.

Construir estructuras de protección (muros, taludes)	Desconectar los medidores de agua en las casas destruidas. Monitorear la calidad del agua, desarrollar un plan de muestreo y ajustar el tratamiento según sea necesario
Establecer transporte alternativo estrategias si los caminos son intransitables.	Utilizar conexiones de emergencia preestablecidas o configurar conexiones temporales a comunidades aledañas, según sea necesario (Desamparaditos, Picagres).
Hipoclorito de sodio (garantizar al menos un suministro de dos semanas) ante la imposibilidad de tener acceso a nuevos insumos	Documentar todas las evaluaciones de daños, solicitudes de ayuda, trabajos de reparación de emergencia, equipos usados, compras realizadas, horas trabajadas por el personal y contratistas durante la respuesta. Esto puede servir a la hora de pedir fondos y financiamientos para emergencias.
Mantener un suministro de artículos de emergencia: • Lonas/cinta/cuerda • Cunas/mantas • Botiquines de primeros auxilios • Equipo para el mal tiempo • Linternas • Agua embotellada • Baterías • Alimentos no perecederos	coordinar la necesidad de limpieza de escombros con gestión local de emergencias o priorizarlo para operaciones de los empleados y en coordinación con ayuda de la comunidad.
Mantenimiento de vías de acceso	Identificar medidas de mitigación y la adaptación a largo plazo que puedan prevenir daños y aumentar la resiliencia. Considerar los impactos relacionados al planificar para actualizaciones al sistema
El almacenamiento de agua tratada también puede permitir mantener el servicio durante un cierto período de tiempo. Es recomendable saber por medio de registros de medidores cuánto tiempo puede llegar a suplir un tanque de almacenamiento.	Contratación de cisternas/tener en funcionamiento conexiones con otros sistemas/ coordinar con ASADAS vecinas
Equipo de emergencia como generadores (en caso de un corte de energía), combustible o repuesto Las tuberías y los accesorios también pueden hacer que el suministro de agua potable se realice a través del sistema de agua existente.	Implementar esfuerzos obligatorios o voluntarios de conservación Coordinar con AyA para ayudar en la identificación y aprobación de alternativas de agua

	suministros y cambios operativos o de diseño.
Avisos de hervir el agua pueden ser apropiados. y es posible que no se necesite distribución de agua de emergencia.	

Fuente: EPA (2015) Incident Action Checklist.

Cuadro 36. Guía de Emergencias ante una sequía prolongada.

Sequías	
Prevención	Atención durante emergencia
Continuar llevando control de aforos para mantener el balance hídrico al día	Discutir con el MINSA y CNE temas relacionados con el índice de calor, incendios forestales y salud pública
Fortalecer programas de educación ambiental (ahorro de agua)	Monitorear el aspecto y la calidad del agua y ajustar el tratamiento si es necesario, la reducción en cantidad de agua y el aumento de las temperaturas podría cambiar las características fisicoquímicas del agua.
Análisis hidrogeológico para identificar zonas de recarga y realizar campañas de reforestación (buscar fuentes de financiamiento)	Implementar esfuerzos obligatorios o voluntarios de conservación
Realizar un monitoreo activo de los patrones de sequía en el país (consultar periódicamente proyecciones del IMN y sus actualizaciones)	Notificar al AyA sobre el estado del sistema (Si es necesario, solicite u ofrezca asistencia p. ej., cisternas, equipos de muestreo de agua, generadores)
Supervisar el suministro de agua y calcular cuánto tiempo se podría proporcionar agua en caso de sequía (tiempo de retención en tanques)	Notificar a los clientes sobre cualquier aviso de la condición del agua, grupos de información, correos, afiches, mensajes por altavoz. Comunicar si el agua está siendo suministrada o no, su calidad y proporcionar información sobre la distribución y ubicaciones.
Establecer “disparadores” o “valores umbral” para condiciones de sequía que requerirán acción (por ejemplo, si los aforos caen por debajo de un cierto nivel, un cierto número de días sin precipitación).	Utilizar conexiones de emergencia preestablecidas o configurar conexiones temporales a comunidades aledañas, según sea necesario (Desamparaditos, Picagres).
Desarrollar un plan de conservación que incluya la conservación voluntaria o medidas obligatorias. Identificar los principales usuarios de agua y los patrones de uso de los clientes, con el fin de determinar que prácticas de conservación pueden	Contratación de cisternas/tener en funcionamiento conexiones con otros sistemas/ coordinar con ASADAS vecinas

ser las más efectivas (por ejemplo, restricciones de riego, auditorías de instalaciones para mitigar pérdida de agua, concientización y transparencia de la situación del acueducto).	
Desarrollar materiales de divulgación para el público (p. ej., redes sociales e información en facturas) que describan claramente medidas y actividades de conservación.	

Fuente: EPA (2015) Incident Action Checklist – Drought

2.3.4 Programas de Educación Ambiental

Como requisito indispensable para la participación en el programa de Sello de Calidad Sanitaria del AyA, es necesario realizar iniciativas de sensibilización y educación ambiental. A continuación, se presenta una lista de actividades a realizar por parte del acueducto con el fin de cumplir con este requisito y fomentar la participación ciudadana en temas de concientización.

Cuadro 37. Actividades de educación ambiental a realizar por parte de la ASADA

Tipo de actividad	Público meta	Fecha de realización	Número de participantes
Charlas	Público en general	Programar para realizar una actividad cada 6 meses	
Talleres	Estudiantes de escuela	Programar para realizar una actividad cada 6 meses	
Presentación de videos	Público en general	Programar para realizar una actividad cada 6 meses	
Campañas de limpieza de calles	Público en general	Programar para realizar una actividad cada 6 meses	
Campañas de limpieza de ríos	Público en general	Programar para realizar una actividad cada 6 meses	
Reforestación con especies de árboles nativos	Estudiantes de escuela	Programar para realizar una actividad cada 6 meses	

Fuente: Programa de Sello de Calidad Sanitaria del AyA , s.f.

III. Capítulo Conclusiones y Recomendaciones

3.1 Conclusiones

La ASADA de Llano Grande ha llevado a cabo con recursos limitados la responsabilidad de ser el único acueducto de agua potable para la población de Llano Grande de Picagres de Mora, logrando mantener formalmente un servicio básico de captación, almacenamiento y distribución de agua potable desde el año 2001.

La ASADA no cumple con lo que dicta la Norma Técnica del AyA (2017), que especifica que se debería contar con al menos 63 m³ de almacenamiento total; Situación que podría representar un riesgo de abastecimiento al no cumplir los volúmenes establecidos de regulación del consumo, de reserva para incendios y de reserva por interrupciones.

La ASADA requiere establecer un control operativo completo y periódico de la calidad del agua incluyendo cloro residual libre, turbidez y pH), que le permita identificar y atender cualquier problema de contaminación que surja, relacionado a estos parámetros, en alguno de los componentes del sistema.

De igual manera, no realiza la totalidad de los análisis periódicos que se exigen según el reglamento de Calidad de Agua Potable (control operativo, N2 y N3), como se establece en el reglamento de Calidad de Agua Potable. Debido a esto, se desconoce si hay evidencia de compuestos químicos presentes de manera natural en el área (Hierro, Manganeseo, Sulfato, Arsénico, Fluoruro, etc.). Únicamente llevan control de nivel 1 cada seis meses por medio de la contratación de un laboratorio acreditado.

Sumado a lo anterior, los análisis fisicoquímicos realizados en campo durante este estudio mostraron incumplimientos a los límites inferiores del reglamento de Calidad de Agua Potable referentes a la concentración de cloro residual libre; lo que corrobora la necesidad de llevar un mejor control y monitoreo de la calidad del agua.

Es de suma importancia que la ASADA continúe contemplando acciones de adaptación al cambio climático y de respuesta a emergencias, ya que como se logró apreciar en la fase descriptiva inicial, en temas relacionados con la ocurrencia de desastres naturales, se aprecia por medio de la consulta de los registros del IFAM y el Instituto Meteorológico Nacional, que la zona de Llano Grande presenta características que facilitan que sus terrenos presenten una alta probabilidad de desencadenar deslizamientos de tierra, al igual que una gran posibilidad de reducción de las precipitaciones en años venideros debido a los efectos de cambio climático. Estas dos situaciones también fueron corroboradas por el equipo de trabajo durante el ejercicio de cartografía social realizado, donde se hizo alusión a eventos históricos relacionados.

La apreciación de la labor de la ASADA por parte de los consumidores se puede catalogar como un servicio excelente, ya que la gran mayoría de las personas consultadas durante la encuesta reportan no tener ninguna percepción de que la ASADA presenta problemas relacionados con el servicio, calidad o escasez de agua.

Referente al balance Hídrico, las proyecciones de consumo y demanda de agua, realizadas hasta el año 2042 son favorables para a ASADA de Llano Grande, lo que quiere decir que el acueducto cuenta con suficiente capacidad hídrica para su correcto funcionamiento sin la necesidad de buscar nuevas fuentes.

Durante la etapa de identificación de peligros se determinó, que todos los componentes del sistema de abastecimiento presentan al menos una situación o condición de peligro. Únicamente la matriz utilizada para evaluar la condición administrativa del acueducto no mostró ningún peligro asociado.

Se encontraron un total de 41 eventos peligrosos en la etapa de identificación de peligros, de los cuales 15 mostraron un nivel de riesgo alto o muy alto y 17 un nivel medio, siendo estos considerados como los puntos críticos del acueducto dentro PSA y los que deben ser atendidos como prioritarios.

Las nacientes del acueducto presentaron peligros con niveles de riesgo muy alto, específicamente relacionados con la ausencia o el mal estado de camaradas de captación y la existencia de condiciones que fomentan la presencia de ganado en sus alrededores. Siendo este el componente que presenta los mayores niveles de riesgo.

Todos los peligros en los tanques se encuentran relacionados con la ausencia de una cerca protectora que puede generar contaminación y daños debido al acceso de animales o personas. No obstante, el peligro identificado como el más prioritario de atender, es la presencia de grietas en la infraestructura física, tanto en el tanque Guevara como en el tanque Cruce.

En las redes de distribución, la presencia de fugas fue el único peligro considerado con un nivel de riesgo muy alto, ya que el agua ya ha pasado por el tratamiento existente y por ende cualquier afectación a partir de ese momento llegará al consumidor final.

En cuanto al plan de mejora, la recomienda para la ASADA propuestas que principalmente van orientadas al mejoramiento de la infraestructura, el monitoreo de la calidad del agua y la generación de procedimientos de revisión, operación y mantenimiento.

3.2 Recomendaciones

Como primera recomendación, se insta a los miembros de la ASADA a realizar y dar seguimiento a las acciones del plan de mejora del PSA. Es de suma importancia formular los procedimientos y manuales de inspección, mantenimiento, operación y documentación descritos en la sección 2.3.1.

Como cumplimiento de sus responsabilidades, es indispensable la adquisición de equipo de monitoreo, como mínimo equipos portátiles de medición de turbiedad, pH y cloro residual libre con el fin de realizar un control operativo interno acorde a lo establecido en el reglamento para la calidad de agua potable. Más allá de esto, se recomienda realizar mediciones diarias de cloro residual libre en los tanques, el inicio y el final de cada una de las redes de distribución. Lo que permitirá llevar un mejor control de la dosificación de las pastillas de cloro necesarias para mantener su concentración dentro de los umbrales recomendados.

Se recomienda la adquisición de equipo de protección personal para el manejo de las pastillas de hipoclorito cálcico y la incorporación de su apropiada utilización y almacenamiento dentro de un procedimiento de manejo de reactivos y dosificación de cloro.

Realizar análisis N1, N2 y N3 según lo establecido en el reglamento de Calidad de Agua Potable, y con esto determinar la presencia y concentración de los parámetros fisicoquímicos correspondientes en el área (Hierro, Manganeseo, Sulfato, Arsénico, Fluoruro, etc.).

Para el mejoramiento de los cálculos necesarios para realizar el balance hídrico del acueducto, se sugiere, que en la medida de lo posible se instalen macro medidores para el cálculo apropiado del porcentaje de agua no contabilizada (ANC) y se insta a seguir llevando registros de aforos para identificar si existe una tendencia clara de reducción en su producción, con esto se podrían incorporar datos más exactos en futuros cálculos del balance hídrico. De igual forma, los registros de aforos pueden servir para establecer “disparadores” o “valores umbral” para condiciones de sequía que requerirán acción de emergencia.

Se recomienda a la ASADA considerar a futuro la instalación de tanques nuevos, para contar con al menos 63 m³ de almacenamiento total de agua; y cumplir con lo que dicta la norma técnica del AyA (2017) y la Ley de Hidrantes, al contemplar los volúmenes de regulación del consumo, de reserva para incendios y de reserva por interrupciones.

Para el manejo de las emergencias se recomienda realizar una guía de documentación para registrar los eventos ocurridos y realizar mejoras a partir de ellos. De igual forma, es indispensable realizar todas las acciones preventivas para las amenazas más significativas, se recomienda especialmente Identificar fuentes alternas, para esto coordinar con ASADAS aledañas (Desamparaditos, Picagres) y habilitar la quinta naciente identificada como respuesta ante emergencias o situaciones inesperadas.

Como última recomendación, se sugiere a la ASADA seguir realizando actividades con la comunidad donde se explique a detalle la situación actual del acueducto, sus necesidades y la importancia de llevar una apropiada gestión del recurso. Puede ser de ayuda la vinculación de otras actividades comunitarias que ya se realizan, e incorporar actividades de educación relacionada al manejo de la ASADA y la educación ambiental, considerando agendar acciones y llevar registros de comunicación general y de educación de manejo del recurso con los usuarios. Estas acciones pueden ser incorporadas al programa de Sello de Calidad Sanitaria del AyA y otros programas como la Bandera Azul Ecológica, que fomentan el prestigio de la organización.

3.3 Bibliografía

- American Water Works Assosiation. (2011). *Water Quality & Treatment A Handbook on Drinking Water*. Sexta edición. McGraw Hill Companies.
- ARESEP. (2021). *Tarifas Vigentes de Agua Potable*. <https://aresep.go.cr/agua-potable/tarifas>
- AYA. (2017). *Norma Técnica Para Diseño Y Construcción De Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable, De Saneamiento Y Pluvial*.
- Baird, R., & Bridgewater, L. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 23rd edition. Washington, D.C.: American Public Health Association.
- Bartram J, C. L. (2009). *Manual para el Desarrollo de planes de seguridad del agua: Metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. https://www.who.int/water_sanitation_health/publication_9789241562638/es/
- Bitton, G. (2014). *Microbiology of drinking water: Production and distribution*. ProQuest Ebook Central <https://ebookcentral.proquest.com>
- Budiyono, P. Ginandjar, L. D. Saraswati, D. R. Pangestuti, Martini, S. P. Jati. (2018). *Implementation of Water Safety Plans (WSPs): A Case Study in the Coastal Area in Semarang City, Indonesia*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 116.
- CEDARENA. (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*. Proyecto de PNUD y AyA.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2018). *La ineficiencia de la desigualdad*. Trigésimo Séptimo Período de Sesiones de la Cepal. La Habana, Cuba.

Comisión Nacional del Agua de Mexico (CONAGUA). s.f. *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (C.N.E.). (s.f.). *Mapa de Amenazas y Peligros Naturales del Cantón de Mora*
https://www.cne.go.cr/reduccion_riesgo/mapas_amenazas/mapas_de_amaneza/san_jose/Mora.pdf

Díaz Bolaños, R. E. y Mora Sandí L. O. (2018). *La conservación de los bosques tropicales en el cantón de Mora, Costa Rica (1915-2017)*. PROYECTO ECOEPISTEME.
https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/76256/2018_02.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Directriz N° 032-S. *Implementación de los planes de seguridad del agua y la Participación del Ministerio de Salud*. 4 de octubre 2018 (Costa Rica).

Decreto N°. 37169-S-MINAET: *Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunes*. 5 de agosto del 2005. No. 150 (Costa Rica).

Decreto No 38924-S. *Reglamento para la calidad del Agua potable*. 12 de enero del 2015. (Costa Rica).

US Environmental Protection Agency EPA. (2001). *Parameters of Quality: Interpretation and Standards*. https://www.epa.ie/pubs/advice/water/quality/Water_Quality.pdf

US Environmental Protection Agency EPA (2022). *Indicators: Conductivity*. US EPA. <https://www.epa.gov/national-aquatic-resource-surveys/indicators->

[conductivity#:~:text=What%20is%20conductivity%3F,conductivity%20increases%20as%20salinity%20increases.](#)

Girot, P. y Delgado, I. (2018). *Política nacional de adaptación al cambio climático 2018-2030*. Dirección de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Energía.

Global Water Partnership Centroamérica [GWP]. (2017). *La situación de los Recursos Hídricos en Centroamérica: hacia una gestión integrada*. https://gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/situacion-de-los-recursos-hidricos_fin.pdf

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a. ed.). México D.F.: McGraw-Hill.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). 2015. *Manual Informativo: Aspectos básicos para la gestión de las nuevas Juntas Directivas de las ASADAS*. <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Aspectos%20B%C3%A1sicos%20de%20las%20ASADAS.pdf>

Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM). Mora Cantón 1-07, Geomorfología. https://www.ifam.go.cr/?page_id=381

Instituto de Desarrollo Rural de Costa Rica (INDER). (2014). *Informe de Caracterización Básica Territorio Turrubares-Puriscal-Mora-Santa Ana*. <https://www.inder.go.cr/puriscal-turrubares-mora-santa-ana/Caracterizacion-Puriscal-Turrubares-Mora-Santa-Ana.pdf>

Instituto Meteorológico Nacional (IMN). (2012). *Escenarios De Cambio Climático Regionalizados Para Costa Rica*. Departamento de Climatología e Investigaciones

Aplicadas Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET) Costa Rica.

Ley Constitutiva del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, No. 2726. 27 de Agosto de 1961 (Costa Rica)

Masinde, K. (s.f). *Water Safety Plans: a robust framework for water utilities to adapt to climate change*. <https://iwa-network.org/projects/climate-resilient-water-safety-planning-to-improve-water-supply-and-public-health/>

Ministerio De Planificación Nacional Y Política Económica (MIDEPLAN). (2018). *Plan Nacional De Desarrollo Y De Inversión Pública Del Bicentenario 2019-2022*.

Ministerio de Salud de Costa Rica. (2021). *Agua potable y la salud*. <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/682-tramites/declarar-y-reportar/791-agua-potable-y-la-salud>

Mora Alvarado, D. Portuguese, C.F. (2019). *Agua Para Consumo Humano Por Provincias Y Saneamiento Por Regiones Manejados En Forma Segura En Zonas Urbanas Y Rurales De Costa Rica Al 2018. Instituto Costarricense De Acueductos Y Alcantarillados Laboratorio Nacional De Aguas*. <https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Informe%20agua%20potable%20y%20saneamiento%202019%20-%20Laboratorio%20Nacional%20de%20Aguas.pdf>

Montero Arrieta, R. Moreno Ureña, T. (2018). *Propuesta De Plan De Seguridad Del Agua (Psa) Para El Acueducto Municipal De La Comunidad Del Cantón De Jiménez, Cartago, Costa Rica*. [Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Gestión Ambiental Con énfasis en Tecnologías limpias, Universidad Nacional, Costa Rica].

Muoio, R., Rossi, L., Santianni, D., Caretti, C., Lubello, C., & Ferretti, E. (2020). *Development and Implementatio of a Water Safety Plan for the Drinking Water Supply System of Florence, Italy*. Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ), 19(10), 1813–1822.

Noviyanto, A., Sartohadi, J. & Purwanto, B.H. (2020). *The distribution of soil morphological characteristics for landslide-impacted Sumbing Volcano, Central Java - Indonesia*. Geoenviron Disasters 7, 25 <https://doi.org/10.1186/s40677-020-00158-8>

León Conejo, R. (2019). *Propuesta plan de seguridad del agua (PSA) para la Asociación Administradora del Acueducto Rural de San Miguel de Higuito de Desamparados*. [Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Ambiental, Instituto Tecnológico de Costa Rica].

Objetivos de Desarrollo Sostenible Costa Rica. (s.f). *AGENDA 203017 Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://ods.cr/17-objetivos-de-desarrollo-sostenible>

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2016). *International Decade (2018–2028) for Action – Water for Sustainable Development*. https://wateractiondecade.org/wp-content/uploads/2018/03/UN-SG-Action-Plan_Water-Action-Decade-web.pdf

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2006). *Guías para la calidad del agua potable PRIMER APÉNDICE A LA TERCERA EDICIÓN Volumen 1 Recomendaciones*.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). *Guías para la calidad del agua potable. Primer Apéndice a la Cuarta edición.*

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2012). *Water safety planning for small community water supplies: step-by-step risk management guidance for drinking-water supplies in small communities.* WHO Press.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). *Climate-resilient water safety plans: Managing health risks associated with climate variability and change.* Inís Communication. <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/258722/9789241512794-eng.pdf;jsessionid=519A8BBE9814C2CF72F95B97B46EF7A2?sequence=1>

Rickert, Bettina, Schmoll, Oliver, Rinehold, Angella & Barrenberg, Eva. (2014). *Water safety plan: a field guide to improving drinking-water safety in small communities.* World Health Organization. Regional Office for Europe. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/329537>

Paniagua Alfaro, H. Rodríguez Alfaro, N. (2019). *Guía de Gestión Integral de Riesgos para ASADAS (GIRA).* Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, Costa Rica (PNUD-Costa Rica)

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (s.f.). *Fortalecimiento de acueductos comunales para enfrentar riesgos del cambio climático.* <https://www.cr.undp.org/content/costarica/es/home/projects/fortalecimiento-de-las-capacidades-de-acueductos-rurales-para-en.html>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2019). *Manual De Uso De La Calculadora De Balance Hídrico Para Asadas (Versión 1).* Proyecto Fortalecimiento de las capacidades de Asociaciones de Acueductos Rurales (ASADAS) para enfrentar riesgos del Cambio Climático en comunidades con estrés hídrico en el Norte de Costa Rica.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2020). *Costa Rica se compromete a aumentar resiliencia ante crisis climática y eleva meta de reducción de emisiones*. <https://www.cr.undp.org/content/costarica/es/home/presscenter/pressreleases/2020/costa-rica-se-compromete-a-aumentar-resiliencia-ante-crisis-clim.html#:~:text=diciembre%20de%202020-.Costa%20Rica%20se%20compromete%20a%20aumentar%20resiliencia%20ante%20crisis%20clim%C3%A1tica,meta%20de%20reducci%C3%B3n%20en%20emisiones&text=17%20de%20diciembre%20de%202020%2C%20San%20Jos%C3%A9,la%20sobrevivencia%20de%20la%20humanidad.>

Ramírez-Sánchez, I. M., Doll, S., & Bandala, E. R. (2015). *Drinking Water and Sanitation in Central America: Challenges, Perspectives, and Alternative Water Treatment*. *Water Challenges and Solutions on a Global Scale*, 53–70. doi:10.1021/bk-2015-1206.ch004 https://www.researchgate.net/publication/295968189_Drinking_Water_and_Sanitation_in_Central_America_Challenges_Perspectives_and_AlternativeWaterTreatment

Sánchez, L. 2020. *Relación entre los patrones de crecimiento urbano, riesgo e impacto ambiental*. Ponencia preparada para el Informe Estado de la Nación 2020. San José: PEN, Conare.

Sierra, R. Cambroner A. y Vega, E. (2016). *Patrones y factores de cambio de la cobertura forestal natural de Costa Rica, 1987-2013. Preparado para el Gobierno de Costa Rica bajo el Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF)*. http://reddcr.go.cr/sites/default/files/centro-de-documentacion/rsierraacambronerovega_patrones_y_factores_cus.pdf

Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT). (2022). *Nodos del SNIT*. <https://www.snitcr.go.cr/Visor/nodos2>

Universidad de Costa Rica, Red Sismológica Nacional. Falla Picagres.
<https://rsn.ucr.ac.cr/component/content/article/99-actividad-sismica/fallas-activas-ii/3447-falla-picagres?Itemid=225>.

Valerio, V. (2018). *Sistematización: I Módulo de capacitación: “Barva se prepara para atender el cambio climático con los proveedores del recurso hídrico”. Ejemplos de las afectaciones de los casos de las ASADAS con la tormenta Nate*. Proyecto “Estrategias de cambio climático a nivel local” Universidad Nacional.

Van, D. H. J. C., Verberk, J. Q. J. C., & De, M. P. J. (2006). *Drinking water: Principles and practices*. ProQuest Ebook Central <https://ebookcentral.proquest.com>

Verdugo, R. (2008). Singularities of geotechnical properties of complex soils in seismic regions. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 134, 7. doi:10.1061/(ASCE)1090-0241(2008) 134:7(982)

3.4 Anexos

Anexo 1. Legislación y reglamentos vinculados al agua para consumo humano en Costa Rica

Documento	Fundamento
Ley de Aguas N.º 276	Esta ley regula y establece la obligatoriedad de que el suministro de agua sea de calidad potable, para evitar afectación a la salud humana.
Ley de Asociaciones N° 218	Contiene las disposiciones para la administración de Asociaciones Comunales, estipulando su deber de estar conformadas por una Asamblea, una Junta Directiva y una Fiscalía.
Ley General de la Administración Pública N° 6227	Estipula que las entidades privadas que realicen un servicio público económico, lo cual es el caso de las ASADAs, deben asegurar la continuidad, la eficiencia, y deben adaptarse a todo cambio en el régimen legal o en la necesidad social que satisfacen.
Ley Forestal No. 7575	Establece en su artículo 33 que las áreas de protección que bordean las nacientes permanentes deben estar definidas por un radio de cien metros medidos de modo horizontal.
Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales N.º 42582-S-MINAE	Este reglamento regula el funcionamiento de las ASADAs y su relación con AyA como el ente rector técnico. Estipula todas responsabilidades referentes a la administración y operación de las ASADAs.

Reglamento de Prestación de los Servicios de Acueducto, Alcantarillado Sanitario e Hidrantes (AR-PSAyA-2015)	Tiene como fin reglamentar las relaciones entre los prestadores regulados por la ARESEP y los abonados de estos servicios; estableciendo las medidas regulatorias necesarias para que estos servicios públicos se brinden en forma óptima.
Reglamento para la calidad del Agua Potable No 38924-S	Establece los límites máximos permisibles de parámetros físicos, químicos y microbiológicos para el agua potable y la periodicidad en la que se deben de realizar los análisis.
Reglamento De Normas Técnicas Y Procedimientos Para El Mantenimiento Preventivo De Los Sistemas De Abastecimiento De Agua No. 2001-175	Establece las responsabilidades que los administradores de acueductos deben cumplir en términos de operación y mantenimiento de cada unidad de operación y para cada parte del sistema y estipula los entes fiscalizadores de los procesos relacionados.
Norma técnica para Diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial. Memorando PRE- DNC-2017-00057	Reglamentación técnica que rige el diseño, construcción, operación, mantenimiento y control de estos sistemas dentro del territorio nacional.
Directriz N° 032-S	Estipula la implementación obligatoria de los planes de seguridad del agua. Establece que las ASADAs deben contar con plan de seguridad

	del agua a partir del 1° de enero del 2019 al 1° de enero del 2022.
--	---

Fuente: elaboración propia, 2021.

Anexo 2. Parámetros de control de Calidad del Agua y sus límites máximos permitidos por el Decreto para el nivel primer nivel de control (N1).

Parámetro	Unidad	Valor Alerta	Valor máximo admisible
Color aparente	U-Pt-Co	< 5	15
Conductividad	μS/cm	400	-
Coliforme fecal	NMP/100 ml o UFC/100ml	No detectable	No detectable
Escherichia coli	NMP/100 ml o UFC/100ml	No detectable	No detectable
Cloro residual libre	mg/L	0,3 (límite inferior permisible)	0,6 (límite superior permisible)
Turbiedad	UNT	1,0	5,0
Temperatura	°C	18 (límite inferior permisible)	30 (límite superior permisible)
pH	Valor pH	6,0 (límite inferior permisible)	8,0 (límite superior permisible)

Fuente: Reglamento de calidad de Agua Potable No 38924-S

Anexo 3. Machote empleado para conformación de la lista de Equipo de PSA

Funciones:

- Entender y mapear todo su sistema de distribución de agua, desde la fuente hasta el uso final.
- Identificar y evaluar los peligros y riesgos del suministro de agua y hacer un plan de mejora.
- Planificar el monitoreo, la inspección, el mantenimiento y la respuesta a emergencias del sistema de agua.
- Implementar y mantener el PSA y reunirse con regularidad para discutir las actualizaciones necesarias de la documentación del PSA.

Nombre	Rol y responsabilidad en el equipo de PSA	Cargo dentro de la Organización	Número de teléfono	Correo electrónico

Anexo 4. Machote de minuta para reuniones del equipo de PSA.

Protocolo de reunión del equipo de PSA

Fecha de la reunión del equipo de PSA

Nombres de los miembros del equipo de PSA que participan:

Decisiones y resultados de la reunión:

Fecha, hora y lugar de la próxima reunión de PSA:

Anexo 5. Formato de la encuesta aplicada al equipo de PSA y al fontanero, como insumo para la etapa de la descripción del Sistema de distribución de agua potable

Información General

1. Fecha de elaboración de este documento:

2.

Nombre de la ASADA	
--------------------	--

Provincia		Número de abonados	
Cantón		Número de comunidades	
Distrito		Número de sistemas	

3. ¿Cuáles fuentes de suministro de agua se utilizan en la ASADA?

- ☐ Pozo
- ☐ Naciente
- ☐ Captación superficial (rio, quebrada, presa, embalse)
- ☐ Otra fuente (especificar)

4. ¿Cuál es el volumen anual suministrado por la ASADA [m³/año]?

5. ¿Existen otras fuentes alternativas de suministro de agua utilizados por miembros de la comunidad (ejemplo: pozos artesanales)?

Administración de la ASADA

1. ¿Cuál es el número de personas que trabajan o colaboran con el acueducto?

2. ¿Quién es la persona responsable de la administración y la operación total del acueducto?

Nombre:

Profesión:

3. ¿Qué otro personal está involucrado en la operación y gestión de la ASADA?

Nombre	Cargo dentro de la Organización	Responsabilidades específicas
---------------	--	--------------------------------------

4. ¿Tienen contacto y apoyo por parte del AyA y el MINSA?

5. ¿Cómo manejan el proceso de cobros en la ASADA? ¿Utilizan las tarifas establecidas por el ARESEP?

Información sobre la captación de agua potable

1. ¿Cuentan con información sobre la calidad microbiológica y fisicoquímica de las fuentes de suministro de agua?

2. ¿Existen patrones climáticos estacionales conocidos u observables que causen problemas de calidad del agua?

3. ¿Cuántos puntos de extracción tiene su suministro de agua y como es extraída el agua (por bomba, por gravedad)?

4. ¿Hay evidencia de compuestos químicos presentes de manera natural en el área (Hierro, Manganeso, Sulfato, Arsénico, Fluoruro, otros)?

5. ¿Qué actividades potencialmente contaminantes están presentes alrededor de su agua potable en su cuenca de captación de agua potable?

- ☐ Eliminación centralizada de aguas residuales
 - ☐ Actividades agrícolas y hortícolas
 - ☐ Mantenimiento de animales (incluidos, por ejemplo, corrales de engorde)
 - ☐ Uso de desechos animales o humanos en la agricultura (por ejemplo, estiércol, aguas residuales o lodos de depuradora)
 - ☐ Uso de fertilizantes
 - ☐ Uso de plaguicidas
 - ☐ Riego y / o drenaje
 - ☐ Actividades comerciales (por ejemplo, talleres, talleres de pintura, mataderos)
 - ☐ Industrias de fabricación y procesamiento
 - ☐ Industrias extractivas (por ejemplo, minería)
 - ☐ Almacenamiento de combustible
 - ☐ Eliminación de residuos y vertederos
 - ☐ Otras actividades humanas (especificar)
-
-

- ☐ Considera que la fauna silvestre tiene acceso a una fuente de agua
- ☐ No hay información disponible

6. ¿Inspeccionan regularmente el área alrededor de las fuentes de suministro de agua para identificar posibles fuentes de contaminación? (especificar cada cuanto y como lo hacen)

Información sobre tratamiento

1. Cuales barreras de tratamiento aplican para el agua de consumo:

- ☐ Sedimentación
- ☐ Filtración (por ejemplo, filtración de arena)
- ☐ Desinfección con cloro
- ☐ Otro tratamiento (especificar)

2. Si la desinfección del agua potable se realiza con cloro, especifique detalles de cómo se realiza la cloración (incluir especificaciones del producto utilizado, procedimientos de dosificación, niveles que se mantienen de cloro residual libre en el agua potable y como monitorean esos niveles, si la cloración se aplica permanentemente o solo en determinadas condiciones).

3. ¿Qué edad tiene el equipo de tratamiento (año de instalación inicial)?

4. ¿Se han hecho mejoras o actualizaciones del equipo de tratamiento en el pasado? Incluir detalles (año, tipo de actualización).

5. ¿Está el equipo en condiciones de funcionamiento? Incluir detalles.

6. ¿El sistema de tratamiento presenta alguno de los siguientes problemas?

- ☐ Diseño o capacidad de tratamiento ineficaz
- ☐ Cortes de energía
- ☐ Tratamiento inadecuado para la calidad general del agua de origen
- ☐ Variación de la calidad del agua de origen
- ☐ Mal funcionamiento o avería del equipo
- ☐ Falta de acceso a productos químicos de tratamiento
- ☐ Dificultades para dosificar adecuadamente los productos químicos de tratamiento
- ☐ Falta de equipo de protección personal para quienes se ocupan de productos químicos de tratamiento
- ☐ Otro (especificar).

7. ¿Se lleva un control de los procesos de tratamiento (control operativo, turbidez, concentración de cloro residual libre)? incluir detalles sobre parámetros de seguimiento, niveles objetivo, frecuencias y ubicaciones.

8. ¿Se les da mantenimiento regular a las instalaciones de tratamiento? Especificar cada cuanto y cuales instalaciones.

Almacenamiento

1. ¿El acueducto cuenta con tanques de almacenamiento? Especificar cuantos e identifíquelos por nombre o número.

2. ¿Cuáles son sus volúmenes de almacenamiento?

3. ¿Cuál es la edad de cada uno de los tanques de almacenamiento?

4. ¿Cuáles son los materiales de los tanques de almacenamiento?

5. ¿Con qué frecuencia se inspecciona la infraestructura de los tanques de almacenamiento?

6. ¿Con qué frecuencia se limpia y se da mantenimiento a los tanques de almacenamiento?

7. ¿Conoce alguno de los siguientes problemas en los tanques de almacenamiento? Incluir frecuencias y razones.

- ☐ Infraestructura del reservorio dañada (por ejemplo, grietas profundas)
- ☐ Tapas de inspección ausentes, dañadas o corroídas
- ☐ Orificios de ventilación dañados o no cubiertos
- ☐ Condiciones insalubres de los tanques
- ☐ Prácticas de limpieza o mantenimiento insalubres
- ☐ Otro (especificar)

8. ¿Son reparables las deficiencias encontradas?

Tuberías de distribución

1. ¿Cuenta el acueducto con grifos públicos o solamente con conexiones domiciliarias?
Especificar cuantos.

2. ¿Cuál es la antigüedad de la distribución por tuberías (año de la primera instalación)?

3. ¿Cuántos metros de tuberías operan?

4. ¿Se le han hecho mejoras o actualizaciones significativas al sistema de distribución?
Incluir del cuándo, cuales reparaciones, reemplazos o expansiones.

5. ¿Qué materiales se utilizan en la distribución por tuberías?

6. ¿Con qué frecuencia inspecciona los grifos públicos y el sistema de distribución?

7. ¿Con qué frecuencia realiza trabajos de mantenimiento en la tubería de distribución?

8. ¿Conoce alguno de los siguientes problemas con el sistema de distribución?

- ☐ roturas
- ☐ Pérdidas de carga
- ☐ Conexiones transversales con tuberías de agua no potable
- ☐ Exposición de la tubería por encima del suelo
- ☐ Corrosión de tuberías
- ☐ Otro (especificar)

9. ¿Son reparables las deficiencias encontradas? Si la respuesta es no, especificar el porqué.

Recolección, uso de agua y tratamiento doméstico.

1. ¿Con qué fines los hogares utilizan principalmente el agua?

- ☐ Beber
- ☐ Higiene personal
- ☐ Preparación de alimentos (por ejemplo, lavar, cocinar)
- ☐ Limpieza del hogar (por ejemplo, limpieza de superficies, lavado de ropa)
- ☐ Agua para animales
- ☐ Otros fines (especificar).

2. ¿Es usual el almacenamiento de agua a nivel doméstico? Especificar detalles sobre los tipos de contenedores de almacenamiento que se utilizan habitualmente.

3. ¿Se llevan a cabo programas de educación y sensibilización sobre higiene en su comunidad (por ejemplo, con respecto a la calidad del agua potable, la higiene y los problemas de saneamiento en hogares)? incluir detalles de proveedores de programas, población beneficiada, materiales educativos disponibles.

Calidad del agua

4 ¿Con qué frecuencia se realizan análisis de control de la calidad de su agua potable?

5 ¿Con qué frecuencia el AyA realiza análisis de control de la calidad de su agua potable?

6 ¿Qué parámetros microbiológicos y fisicoquímicos analizan? Incluir detalles de análisis realizados por el AyA

7 ¿En qué lugares se muestrea el agua potable para realizar análisis? Incluir detalles de muestreos realizados por el AyA

8 ¿El AyA comparte los resultados de las pruebas con la comunidad?

- 9 ¿Las pruebas realizadas por la administración o por el AyA han detectado algún problema con la calidad del agua? Proporcionar detalles sobre el problema, dónde y cuándo ocurrió, qué se hizo para corregirlo.

- 10 ¿Los miembros de la comunidad han informado de algún problema relacionado con la calidad del agua potable?

- 11 ¿Conoce algún problema de salud transmitido por el agua en su comunidad? Incluir detalles sobre qué enfermedades, con qué frecuencia, cuántas personas, problemas áreas geográficas, grupos afectados.

- Especificar el número de muestras anuales por parámetro.
- Especificar tasas de cumplimiento en relación con el reglamento para la calidad del agua potable para cada parámetro No 38924-S para cada parámetro.

[illegible]

Anexo 6. Simbología para la elaboración del mapa del sistema de distribución de agua

Elementos gráficos para su elaboración, tomados de la herramienta GIRA del PNUD (2019):

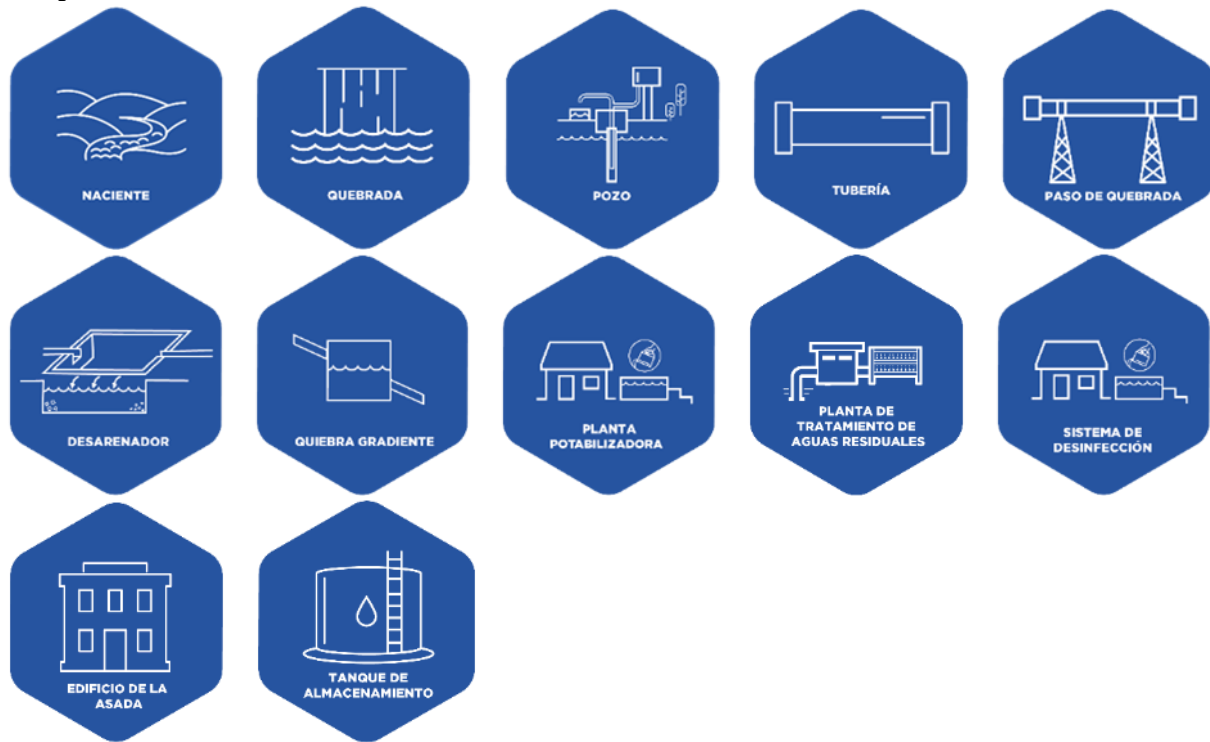
Componentes del ambiente y comunidad:



Amenazas antropogénicas



Componentes del sistema



Zonas de riesgo



Rojo-Alto

Naranja-Moderado

Amarillo-Bajo

Anexo 7. Instrumento guía de observación del sistema de acueducto la ASADA

Nombre del sistema	
Nombre de naciente	
Ubicación	
Sector de la comunidad que abastece	
Fecha de inspección	
Condiciones meteorológicas durante la inspección	
Frecuencia de mantenimiento y vigilancia	
Material de la estructura	
Dimensiones	
Caudal de producción	
Material de tubería	
Diámetro de tubería	
Descripción de las zonas aledañas	
Estado del acceso a la naciente	

Observaciones	
Tratamiento	
Tipos de tratamientos existentes	
Descripción	
Descripción del sistema de cloración	
Ubicación	
Dimensiones	
Tipo de cloro utilizado	
Tanque de almacenamiento	
Nombre del tanque	
Material	
Volumen	
Dimensiones (largo, ancho, altura)	
Descripción de entrada de agua	

descripción de salida de agua	
Descripción de las Zonas aledañas	
Estado del acceso a tanque	
Observaciones	
Red de conducción	
Tramo (distancia en metros)	
Material de tubería	
Diámetro de tubería	
Descripción de las zonas aledañas	
observaciones	

Anexo 8. Plan de muestreo

Fecha de muestreo_____

Muestra N°	Descripción del Sitio de Muestreo	Hor a	Tipo de muestr a	Cloraci ón Sí No	T (°C)	Cloro campo (mg/l)	°pH	Hora de ingreso al laborator io	T (°C) Ingreso	Otros

Anexo 9. Encuesta de percepción

Contacto: Raphael Huddleston Flores tel.:

1. Sexo:
2. Edad:
3. ¿Conoce de dónde proviene el agua de la ASADA?
 - a. Sí
 - b. No
 - c. No sabe o no responde
4. ¿Cómo califica usted el servicio de la ASADA?
 - a. excelente
 - b. Regular

c. Malo

d. Muy malo

especificaciones:

5. ¿Ha notado que el agua que llega a su casa se ve turbia?

a. Sí

b. No

c. No sabe o no responde

especificaciones:

6. ¿Nota que el agua que llega a su casa presenta algún olor o sabor?

a. Sí

b. No

c. No sabe o no responde

especificaciones:

7. ¿Cómo califica usted la calidad del agua que llega a su casa?

a. Excelente

b. Buena

c. Regular

d. mala

especificaciones:

8. ¿Considera que la comunidad presenta problemas de escasez de agua?

a. Sí

b. No

c. No sabe o no responde

especificaciones:

9. ¿Cuáles son algunos posibles emergencias o desastres naturales que pueden afectar la labor de la ASADA?

especificaciones:

10. ¿Considera que la ASADA en la actualidad tiene la capacidad para garantizar el suministro de agua ante la ocurrencia de un desastre natural?

11 ¿Cuáles recomendaciones daría usted para mejorar el servicio por parte de la ASADA?

Anexo 10. Matrices de Diagnostico e Identificación de Peligros de los componentes del acueducto.

Anexo 10.1. Matriz de identificación de peligros, naciente Chucás.

Nombre de naciente: Chucás					
Diagnóstico de infraestructura: identificación de peligros en las nacientes					
	Descripción de la condición de la naciente y sus alrededores				
		Sí	No	N.A.	Observaciones/justificación
1	¿Está la naciente sin malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación?	✓			Si no hay cerca, o si la cerca se encuentra en mal estado (por ejemplo, demasiado baja o no equipada con una puerta en funcionamiento), ciertos animales o personas pueden acceder al sitio de la captación y pueden dañar la estructura o contaminar el área con excretas.
2	¿Carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía?	✓			El papel del canal perimetral es el de proteger la fuente de escorrentía posiblemente contaminada, dirigiendo el agua cuesta abajo y lejos de la cámara. Si el canal se encuentra lleno de residuos o mal ubicado, entonces la escorrentía puede acumularse e infiltrarse en la fuente, lo que representa un riesgo para la calidad del agua.
3	¿Carece la naciente de una cámara o tanque de captación		✓		
4	Si hay una cámara de captación, ¿está la tapa ausente, defectuosa o presenta condiciones insalubres? ¿O está dañada la estructura alrededor de la tapa?		✓		
5	¿Están las paredes y la losa superior de la captación con grietas?		✓		
6	¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de captación?		✓		
7	¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si en el entorno inmediato		✓		

	existen letrinas, animales, viviendas, basura).				
8	¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		✓		
9	¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro de la captación de la naciente?		✓		
10	¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial?		✓		
Puntaje total de factores de riesgo como número total de respuestas “Sí”:					2 (riesgo bajo)

Anexo 10.2. Matriz de identificación de peligros, naciente Ramiro.

Nombre de naciente: Ramiro					
Diagnóstico de infraestructura: identificación de peligros en la naciente					
Descripción de la condición de la naciente y sus alrededores					
1	¿Está la naciente sin malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación?	Sí	No	N.A.	Observaciones/justificación
		✓			Si no hay cerca, o si la cerca se encuentra en mal estado (por ejemplo, demasiado baja o no equipada con una puerta en funcionamiento), ciertos animales o personas pueden acceder al sitio de la captación y pueden dañar la estructura o contaminar el área con excretas.
2	¿Carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía?	✓			El papel del canal perimetral es el de proteger la fuente de escorrentía posiblemente contaminada, dirigiendo el agua cuesta abajo y lejos de la cámara. Si el canal se encuentra lleno de residuos o mal ubicado, entonces la escorrentía puede acumularse e infiltrarse en la fuente, lo que representa un riesgo para la calidad del agua.
3	¿Carece la naciente de una cámara o tanque de captación	✓			La naciente consta de dos tomas, una de ellas no cuenta con una cámara de captación. La cámara ayuda a proteger el agua de la contaminación por escorrentía superficial, por

					lo que sí está ausente o defectuosa, existe un riesgo para la calidad del agua.
4	Si hay una cámara de captación, ¿está la tapa ausente, defectuosa o presenta condiciones insalubres? ¿O está dañada la estructura alrededor de la tapa?	✓			La cámara de captación existente se encuentra en buen estado, pero la toma sin cámara presenta condiciones insalubres.
5	¿Están las paredes y la losa superior de la captación con grietas?	✓			La cámara de captación existente se encuentra en buen estado, pero la toma sin cámara presenta condiciones insalubres.
6	¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de captación?		✓		
7	¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si en el entorno inmediato existen letrinas, animales, viviendas, basura).		✓		
8	¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		✓		
9	¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro de la captación de la naciente?		✓		
10	¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial?	✓			Los residuos y los insumos utilizados en actividades agrícolas o industriales representan un riesgo para la calidad del agua. La naciente está ubicada muy cercana a una finca productora de caña de azúcar, lo que puede presentar un riesgo por prácticas como la fertilización y la fumigación, que podrían aumentar la lixiviación y la contaminación del agua con nutrientes y agroquímicos, lo que llevaría a la ecotoxicidad y la acidificación del agua.
Puntaje total de factores de riesgo como número total de respuestas “Sí”:					7 (riesgo alto)

Anexo 10.3. Matriz de identificación de peligros, naciente Bajo los Guevara.

Nombre de naciente: Bajo los Guevara/Arias					
Diagnóstico de infraestructura: identificación de peligros en la naciente					
Descripción de la condición de la naciente y sus alrededores					
1	¿Está la naciente sin malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación?	Sí	No	N.A.	Observaciones/justificación
		✓			Si no hay cerca, o si la cerca se encuentra en mal estado (por ejemplo, demasiado baja o no equipada con una puerta en funcionamiento), ciertos animales o personas pueden acceder al sitio de la captación y pueden dañar la estructura o contaminar el área con excretas.
2	¿Carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía?	✓			El papel del canal perimetral es el proteger la fuente de escorrentía posiblemente contaminada, dirigiendo el agua cuesta abajo y lejos de la cámara. Si el canal se encuentra lleno de residuos o mal ubicado, entonces la escorrentía puede acumularse e infiltrarse en la fuente, lo que representa un riesgo para la calidad del agua.
3	¿Carece la naciente de una cámara o tanque de captación		✓		
4	Si hay una cámara de captación, ¿está la tapa ausente, defectuosa o presenta condiciones insalubres? ¿O está dañada la estructura alrededor de la tapa?		✓		
5	¿Están las paredes y la losa superior de la captación con grietas?		✓		
6	¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de captación?		✓		
7	¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si en el entorno	✓			Existe un bebedero de ganado aledaño a la captación de la naciente, donde se puede observar claramente que existe presencia recurrente de ganado en la zona y donde se pueden observar sus excretas. La presencia de

	inmediato existen letrinas, animales, viviendas, basura).				animales genera un riesgo de posible daño a la estructura de la captación y un riesgo de contaminar el área con excrementos. El material fecal y otros contaminantes de terrenos más altos y alrededores pueden fluir hacia la fuente de agua, suponiendo un riesgo para la calidad del agua (que aumenta si no hay canales de desviación de agua superficial), especialmente en la estación lluviosa.
8	¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		✓		
9	¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro de la captación de la naciente?		✓		
10	¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial?		✓		
Puntaje total de factores de riesgo como número total de respuestas “SÍ”:					3 (riesgo medio)

Anexo 10.4. Matriz de identificación de peligros, naciente Valverde.

Nombre de naciente: Valverde					
Diagnóstico de infraestructura: identificación de peligros en la naciente					
	Descripción de la condición de la naciente y sus alrededores				
1	¿Está la naciente sin malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación?	Sí	No	N.A.	Observaciones/justificación
		✓			Si no hay cerca, o si la cerca se encuentra en mal estado (por ejemplo, demasiado baja o no equipada con una puerta en funcionamiento), ciertos animales o personas pueden acceder al sitio de la captación y pueden dañar la estructura o contaminar el área con excretas.
2	¿Carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía?	✓			El papel del canal perimetral es el de proteger la fuente de escorrentía posiblemente contaminada, dirigiendo el agua cuesta abajo y lejos de la cámara. Si el canal se encuentra lleno de residuos o mal ubicado, entonces la escorrentía puede acumularse e infiltrarse en la fuente, lo que representa un riesgo para la calidad del agua.
3	¿Carece la naciente de una cámara o tanque de captación	✓			La naciente consta de tres tomas, una de ellas presenta una captación casi inexistente, debido al daño que presenta. La cámara ayuda a proteger el agua de la contaminación por escorrentía superficial, por lo que sí está ausente o defectuosa, existe un riesgo para la calidad del agua.
4	Si hay una cámara de captación, ¿está la tapa ausente, defectuosa o presenta condiciones insalubres? ¿O está dañada la estructura alrededor de la tapa?	✓			Si la cubierta de inspección es insalubre, ausente o defectuosa (por ejemplo, muestra grietas) o el concreto circundante está dañado, contaminantes (como excrementos de aves u otras heces) puede entrar en la caja y contaminar la fuente de agua, especialmente en climas húmedos.
5	¿Están las paredes y la losa superior de la captación con grietas?	✓			La estructura de la captación tiene el fin de desviar la escorrentía superficial, protegiendo la naciente de contaminación. Si se encuentra ausente o erosionado, existe un riesgo para la calidad del agua.
6	¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de captación?		✓		
7	¿Existe alguna fuente de contaminación		✓		

	alrededor de la captación? (Observar si en el entorno inmediato existen letrinas, animales, viviendas, basura).				
8	¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?	✓			Si las rejillas de protección e inspección se encuentran ausentes o defectuosas, contaminantes (como excrementos de aves u otras heces) puede entrar en la caja y contaminar la fuente de agua, especialmente en climas húmedos.
9	¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro de la captación de la naciente?	✓			La presencia de plantas y raíces indica que la estructura de la captación se encuentra dañada. De igual forma la presencia de algas o cianobacterias puede generar toxinas nocivas para la salud de las personas.
10	¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial?		✓		
Puntaje total de factores de riesgo como número total de respuestas “SÍ”:					8 (riesgo alto)

Anexo 10.5. Matriz de identificación de peligros, Tanque Guevara.

Nombre de Tanque: Guevara					
Diagnóstico de infraestructura: identificación de peligros en los tanques de almacenamiento					
	Descripción de la condición del tanque y sus alrededores				
1	¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?	Sí	No	N.A.	Observaciones
			✓		
2	¿La infraestructura física del depósito de almacenamiento está agrietada, tiene fugas o carece la estructura externa de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)	✓			Las grietas permiten que posibles contaminantes lleguen al agua almacenada en el tanque; la fuga también conduce a la pérdida de agua
3	¿Falta o está abierta la tapa de inspección del depósito de almacenamiento?		✓		

4	¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?		✓		
5	¿La cubierta de inspección está defectuosa o corroída? ¿O está dañada la estructura alrededor de la tapa?		✓		
6	¿faltan o se encuentran dañadas las rejillas de protección de los respiraderos o de la tubería de rebalse?		✓		
7	¿Están las escaleras internas herrumbradas?		✓		
8	¿Hay sedimentos u objetos extraños en el depósito de almacenamiento?		✓		
9	¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)	✓			El tanque está ubicado en una finca ganadera, estos animales pueden causarle daños a la infraestructura y contaminar la zona con excrementos.
10	¿El área alrededor del depósito de almacenamiento no está cercado o se encuentra la cerca dañada, permitiendo el acceso a personas al área?	✓			Si no hay cerca, o si la cerca se encuentra en mal estado (por ejemplo, demasiado baja o no equipada con una puerta en funcionamiento), ciertos animales o personas pueden acceder al tanque y dañar la estructura o contaminar el área con excretas.
Puntaje total de factores de riesgo como número total de respuestas “SÍ”:					3 (riesgo medio)

Anexo 10.6. Matriz de identificación de peligros, Tanque Ramiro.

Nombre de Tanque: Ramiro					
Diagnóstico de infraestructura: identificación de peligros en los tanques de almacenamiento					
	Descripción de la condición del tanque y sus alrededores				
1	¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?	Sí	No	N.A.	Observaciones
			✓		
2	¿La infraestructura física del depósito de almacenamiento está agrietada, tiene fugas o carece la estructura externa de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)		✓		
3	¿Falta o está abierta la tapa de inspección del depósito de almacenamiento?		✓		
4	¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?	✓			Una tapa sin un cierre seguro puede facilitar la entrada de contaminantes (como excrementos de aves u otras heces de roedores u otros animales) o de vandalismo por parte de personas.
5	¿La cubierta de inspección está defectuosa o corroída? ¿O está dañada la estructura alrededor de la tapa?		✓		
6	¿faltan o se encuentran dañadas las rejillas de protección de los respiraderos o de la tubería de rebalse?		✓		
7	¿Están las escaleras internas herrumbradas?			✓	
8	¿Hay sedimentos u objetos extraños en el depósito de almacenamiento?		✓		
9	¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)	✓			El tanque está ubicado en finca productora de caña de azúcar, lo que puede presentar un riesgo por prácticas como la fertilización y la fumigación, que podrían aumentar la lixiviación y la contaminación del agua con nutrientes y agroquímicos, lo que

					llevaría a la ecotoxicidad y la acidificación.
10	¿El área alrededor del depósito de almacenamiento no está cercado o se encuentra la cerca dañada, permitiendo el acceso a personas al área?	✓			Si no hay cerca, o si la cerca se encuentra en mal estado (por ejemplo, demasiado baja o no equipada con una puerta en funcionamiento), ciertos animales o personas pueden acceder al tanque y dañar la estructura o contaminar el área con excretas.
Puntaje total de factores de riesgo como número total de respuestas “Sí”:					3 (riesgo medio)

Anexo 10.7. Matriz de identificación de peligros, Tanque Arias.

Nombre de Tanque: Arias					
Diagnóstico de infraestructura: identificación de peligros en los tanques de almacenamiento					
	descripción de la condición del tanque y sus alrededores				
1	¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?	Sí	No	N.A.	Observaciones
			✓		
2	¿La infraestructura física del depósito de almacenamiento está agrietada, tiene fugas o carece la estructura externa de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)		✓		
3	¿Falta o está abierta la tapa de inspección del depósito de almacenamiento?		✓		
4	¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?	✓			Una tapa sin un cierre seguro puede facilitar la entrada de contaminantes (como excrementos de aves u otras heces de roedores u otros animales) o de vandalismo por parte de personas.
5	¿La cubierta de inspección está defectuosa o corroída? ¿O está dañada la estructura alrededor de la tapa?		✓		
6	¿faltan o se encuentran dañadas las rejillas de protección de los respiraderos o de la tubería de rebalse?		✓		

7	¿Están las escaleras internas herrumbradas?			✓	
8	¿Hay sedimentos u objetos extraños en el depósito de almacenamiento?		✓		
9	¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)?		✓		
10	¿El área alrededor del depósito de almacenamiento no está cercado o se encuentra la cerca dañada, permitiendo el acceso a personas al área?	✓			Si no hay cerca, o si la cerca se encuentra en mal estado (por ejemplo, demasiado baja o no equipada con una puerta en funcionamiento), ciertos animales o personas pueden acceder al tanque y dañar la estructura o contaminar el área con excretas.
Puntaje total de factores de riesgo como número total de respuestas “SÍ”:					2 (riesgo bajo)

Anexo 10.8. Matriz de identificación de peligros, Tanque Cruce.

Nombre de Tanque: Cruce					
Diagnóstico de infraestructura: identificación de peligros en los tanques de almacenamiento					
	descripción de la condición del tanque y sus alrededores				
1	¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?	Sí	No	N.A.	Observaciones
			✓		
2	¿La infraestructura física del depósito de almacenamiento está agrietada, tiene fugas o carece la estructura externa de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)	✓			Las grietas permiten que los contaminantes lleguen al agua almacenada en el tanque; la fuga también conduce a la pérdida de agua
3	¿Falta o está abierta la tapa de inspección del depósito de almacenamiento?		✓		
4	¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?		✓		
5	¿La cubierta de inspección está defectuosa o corroída? ¿O está dañada la estructura alrededor de la tapa?		✓		

6	¿faltan o se encuentran dañadas las rejillas de protección de los respiraderos o de la tubería de rebalse?		✓		
7	¿Están las escaleras internas herrumbradas?		✓		
8	¿Hay sedimentos u objetos extraños en el depósito de almacenamiento?		✓		
9	¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)		✓		
10	¿El área alrededor del depósito de almacenamiento no está cercado o se encuentra la cerca dañada, permitiendo el acceso a personas al área?		✓		
Puntaje total de factores de riesgo como número total de respuestas “SÍ”:					1 (riesgo bajo)

Anexo 10.9. Matriz de identificación de peligros, redes de conducción y distribución.

Diagnóstico de infraestructura: identificación de peligros en la red de distribución					
	Descripción de la condición de la red y sus alrededores				
		Sí	No	N.A.	Observaciones
1	¿Existe alguna fuga en la línea de conducción?	✓			Si las tuberías tienen fugas o están dañadas, las grietas pueden proporcionar una ruta para la entrada de contaminantes. Esto también puede contribuir al desperdicio de agua.
2	¿Carecen los tanques quiebra gradientes de tapas sanitarias?		✓		
3	En los tanques quiebra gradientes ¿se observan rajaduras, grietas, fugas o raíces?		✓		
4	¿Se observan fugas visibles en alguna parte de la red de distribución?	✓			Si las tuberías tienen fugas o están dañadas, las grietas pueden proporcionar una ruta para la entrada de contaminantes. Esto también puede contribuir al desperdicio de agua.
5	¿Existen variaciones significativas de presión en la red de distribución?		✓		

6	¿Carece de cloro residual alguna zona en la red principal de distribución?		✓		
7	¿Existen interrupciones constantes en el servicio de distribución de agua?		✓		
8	¿Carecen de sistema para purgar la tubería de distribución?		✓		
9	¿Carecen de un fontanero o encargado del mantenimiento de la red?		✓		
10	¿Carecen de un esquema del sistema de distribución (planos o croquis)?		✓		
Puntaje total de factores de riesgo como número total de respuestas “Sí”:					2 (riesgo bajo)

Anexo 10.10. Matriz de identificación de peligros, condición administrativa del acueducto.

Descripción de la condición administrativa del acueducto					
1	Carece de estados financieros actualizados	Sí	No	N.A.	Observaciones
			✓		
2	Carece de una cuenta bancaria donde es custodiado el dinero de la ASADA		✓		
3	Carece de fondos para la reparación y ampliación del sistema		✓		
4	El porcentaje de morosidad de las personas abonadas es mayor a 10%		✓		
5	Carece de un servicio de pago por internet o depósito bancario		✓		
6	Carece de sistemas informáticos de Gestión para las ASADAS		✓		
7	Carece de un plan de trabajo anual		✓		
8	Carece de Plan de Transparencia y Rendición de Cuentas		✓		
9	Carece de una persona contratada para la administración del sistema		✓		
10	Carece de programas de capacitación constante para el personal de la ASADA		✓		
Puntaje total de factores de riesgo como número total de respuestas “Sí”:					0 (riesgo bajo)

Anexo 10.11. Matriz de identificación de peligros, condición en la operación y calidad del agua.

Descripción de la condición en la operación y calidad del agua					
		Sí	No	N.A.	Observaciones
1	Existe más oferta de agua que la demandada por la comunidad		✓		
2	Carece de desinfección continua		✓		
3	Se desconoce la zona de recarga de las fuentes de agua subterránea	✓			La identificación de la zona de recarga permite planificar su conservación.
4	¿Carece de procedimientos operativos de control de presiones?	✓			Los procedimientos de gestión son un requerimiento de los PSA. Estos ayudan al aseguramiento a la gestión de calidad de las operaciones de la ASADA.
5	¿Carece de procedimiento operativos de control de las instalaciones de tuberías y nuevas conexiones?	✓			Los procedimientos de gestión son un requerimiento de los PSA. Estos ayudan al aseguramiento y la gestión de calidad de las operaciones de la ASADA.
6	¿Carece de bitácoras con fecha, lugar y fotografía, de las mejoras o mantenimientos realizados al sistema?	✓			Los procedimientos de gestión son un requerimiento de los PSA. Estos ayudan al aseguramiento y la gestión de calidad de las operaciones de la ASADA.
7	¿Carece de procedimientos de uso de equipo, dosificación de cloro y mantenimiento de componentes (limpieza de fuentes, tanque y redes)?	✓			Los procedimientos de gestión son un requerimiento de los PSA. Estos ayudan al aseguramiento y la gestión de calidad de las operaciones de la ASADA.
8	Carece de control operativo con análisis mensuales de cloro residual libre, turbiedad y olor	✓			Requeridos según el reglamento para la calidad del Agua Potable No 38924-S
9	Carecen de controles semestrales de análisis de nivel 1	✓			Requeridos según el reglamento para la calidad del Agua Potable No 38924-S
10	Carecen de controles Cada tres años de los análisis de N2 y N3	✓			Requeridos según el reglamento para la calidad del Agua Potable No 38924-S
Puntaje total de factores de riesgo como número total de respuestas “SÍ”:					8 (riesgo alto)

Anexo 11. Evaluación de Riesgos y Determinación de los Puntos Críticos

Anexo 11.1. Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en la naciente Chucás.

Nombre de naciente: Chucás								
Diagnostico	Fotografía	Evento peligroso	Peligro	Evaluación semicuantitativa de riesgos				
				Gravedad	Probabilidad	Puntuación de Riesgo	Calificación de Riesgo	Priorización de peligros
La naciente no cuenta con malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación		Defecación por parte de animales en los alrededores de la naciente no cercada	M	4	3	12	Alto	
		Daños a la infraestructura causado por animales	F	3	2	6	Medio	
		Vandalismo por parte de personas	F	4	1	4	Bajo	
La naciente carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía		Contaminación por escorrentía superficial	F, M	4	3	12	Alto	

Anexo 11.2. Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en la naciente Ramiro.

Nombre de naciente: Ramiro								
Diagnostico	Fotografía	Evento peligroso	Peligro	Evaluación semicuantitativa de riesgos				
				Gravedad	Probabilidad	Puntuación de Riesgo	Calificación de Riesgo	Priorización de peligros
La naciente esta sin malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación		Defecación por parte de animales en los alrededores de la naciente no cercada	M	4	3	12	Alto	
		Daños a la infraestructura causado por animales	F	3	2	6	Medio	
		Vandalismo por parte de personas	F	4	1	4	Bajo	
La naciente carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía y las paredes y la losa se encuentran con grietas		Contaminación por escorrentía superficial	F, M	4	3	12	Alto	
La naciente consta de dos tomas, una de ellas no cuenta con Cámara de captación. La existente se encuentra en buen estado, pero la toma sin Cámara presenta condiciones insalubres.		contaminantes (como excrementos de aves u otras heces) puede entrar en la caja y contaminar la fuente de agua, al igual que escorrentía, especialmente en clima húmedo	F, Q, M	4	5	20	Muy Alto	

La naciente está ubicada muy cercana a una finca productora de caña de azúcar	 30 oct. 2021 10:02:46 a. m. 9.9452906N 84.3747402W 720 Concepción Provincia de Alajuela Naciente Ramiro	Contaminación del manto acuífero por infiltración de agroquímicos.	Q	3	3	6	Medio	
---	--	--	---	---	---	---	-------	--

Anexo 11.3. Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en la naciente Bajo los Guevara.

Nombre de naciente: Bajo los Guevara/Arias								
Diagnóstico	Fotografía	Evento peligroso	Peligro	Evaluación semicuantitativa de riesgos				
				Gravedad	Probabilidad	Puntuación de Riesgo	Calificación de Riesgo	Priorización de peligros
La naciente esta sin malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación		Defecación por parte de animales en los alrededores de la naciente no cercada	M	4	3	12	Alto	
		Daños a la infraestructura causado por animales	F	3	2	6	Medio	
		Vandalismo por parte de personas	F	4	1	4	Bajo	
La naciente carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía y las paredes y la losa se encuentran con grietas		Contaminación por escorrentía superficial	F, M	4	3	12	Alto	

Existe un bebedero de ganado aledaño a la captación de la naciente, donde se puede observar claramente que existe presencia recurrente de ganado en la zona y donde se pueden observar sus excretas.		Contacto de la defecación del ganado con la naciente. Fuente entrada de agentes patógenos del ganado cuando llueve, como Cryptosporidium, Vibrio cholerae, Escherichia coli, Shigella (provoca disentería), entre otros.	M	5	5	25	Muy Alto	
--	---	---	---	---	---	----	----------	--

Anexo 11.4. Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en la naciente Valverde.

Nombre de naciente: Valverde								
Diagnostico	Fotografía	Evento peligroso	Peligro	Evaluación semicuantitativa de riesgos				
				Gravedad	Probabilidad	Puntuación de Riesgo	Calificación de Riesgo	Priorización de peligros
La naciente esta sin malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación (únicamente cuenta con un alambre de puas que muestra cierto deterioro).		Defecación por parte de animales en los alrededores de la naciente no cercada	M	4	3	12	Alto	
		Daños a la infraestructura causado por animales	F	3	2	6	Medio	
		Vandalismo por parte de personas	F	4	1	4	Bajo	

La naciente carece de canales perimetral es para desviar el agua de escorrentía y las paredes y la losa se encuentran con grietas		Contaminaci ón por escorrentía superficial	F, M	4	3	12	Alto	
La naciente consta de tres tomas, dos de ellas presentan una cámara de captación casi inexistente debido al deterioro que presenta en la actualidad. La restante presenta deterioro leve grietas en la estructura.	captación 1  Captación 2 	contaminante s (como excrementos de aves u otras heces) puede entrar en la caja y contaminar la fuente de agua, al igual que escorrentía, especialment e en clima húmedo	F, M	4	5	20	Muy Alto	

	Captación 3  6 nov, 2017 13:15:54:mp 99692035103 123337411 Napiente Valverde Captación 3							
--	---	--	--	--	--	--	--	--

Anexo 11.5. Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en el tanque Guevara.

Nombre de Tanque: Guevara								
Diagnostico	Fotografía	Evento peligroso	Peligro	Evaluación semicuantitativa de riesgos				
				Gravedad	Probabilidad	Puntuación de Riesgo	Calificación de Riesgo	Priorización de peligros
El área alrededor del depósito de almacenamiento no está cercado		Defecación por parte de ganado y otros animales en los alrededores del tanque no cercado	M	5	3	15	Alto	
		Daños a la infraestructura causado por animales	F	3	2	6	Medio	
		Vandalismo por parte de personas	F	4	1	4	Bajo	
La infraestructura física del depósito de almacenamiento está agrietada, tiene fugas		Las grietas permiten que posibles contaminantes lleguen al agua almacenada en el tanque	F, M	4	3	12	Alto	

Anexo 11.6. Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en el tanque Ramiro.

Nombre de Tanque: Ramiro								
Diagnostico	Fotografía	Evento peligroso	Peligro	Evaluación semicuantitativa de riesgos				
				Gravedad	Probabilidad	Puntuación de Riesgo	Calificación de Riesgo	Priorización de peligros
El área alrededor del depósito de almacenamiento no está cercado		Defecación por parte de animales en los alrededores del tanque no cercado	M	5	3	15	Alto	
		Daños a la infraestructura causado por animales	F	3	2	6	Medio	
		Vandalismo por parte de personas	F	4	1	4	Bajo	
Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)		Que alguien abra la tapa por no contar con un cierre seguro y entren contaminantes (como excrementos de aves u otras heces de roedores u otros animales) o sufra de vandalismo por parte de personas.	F, M, Q	4	2	8	Medio	

El tanque está ubicado muy cercano a una finca productora de caña de azúcar		Contaminación por aspersión de fertilizantes y agroquímicos	Q	3	3	6	Medio	
---	---	---	---	---	---	---	-------	--

Anexo 11.7. Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en el tanque Arias.

Nombre de Tanque: Arias								
Diagnostico	Fotografía	Evento peligroso	Peligro	Evaluación semicuantitativa de riesgos				
				Gravedad	Probabilidad	Puntuación de Riesgo	Calificación de Riesgo	Priorización de peligros
El área alrededor del depósito de almacenamiento no está cercado. Únicamente cuenta con una cerca de alambre de púas.		Defecación por parte de animales en los alrededores del tanque no cercado	M	5	3	15	Alto	
		Daños a la infraestructura causado por animales	F	3	2	6	Medio	
		Vandalismo por parte de personas	F	4	1	4	Bajo	
Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)		Que alguien abra la tapa por no contar con un cierre seguro y entren contaminantes (como excrementos de aves u otras heces de roedores u otros animales) o sufra de vandalismo por parte de personas.	F, M, Q	4	2	8	Medio	

Anexo 11.8. Evaluación de Riesgos y determinación de puntos críticos en el tanque Cruce.

Nombre de Tanque: Cruce								
Diagnostico	Fotografía	Evento peligroso	Peligro	Evaluación semicuantitativa de riesgos				
				Gravedad	Probabilidad	Puntuación de Riesgo	Calificación de Riesgo	Priorización de peligros
La infraestructura física del depósito de almacenamiento está agrietada, tiene fugas		Las grietas permiten que posibles contaminantes lleguen al agua almacenada en el tanque	F, M	4	3	12	Alto	

Anexo 11.9. Evaluación de Riesgos y Determinación de los Puntos Críticos en las redes de conducción y distribución.

Red de conducción y distribución								
Diagnostico	Fotografía	Evento peligroso	Peligro	Evaluación semicuantitativa de riesgos				
				Gravedad	Probabilidad	Puntuación de Riesgo	Calificación de Riesgo	Priorización de peligros
Tuberías de conducción y distribución expuestas en todos los sistemas	Conducción de la naciente Valverde 	Que algún animal, persona o vehículo rompa las tuberías permitiendo la entrada de contaminantes.	F, M	3	3	9	Medio	

	Distribución Arias 							
Existen fugas en la líneas de conducción y distribución	Distribución Arias 	Entrada de contaminantes por medio de la fuga (tierra, heces, agroquímicos, aceites automotrices etc.) y desperdicio de agua.	F, Q, M	5	4	20	Muy Alto	

Anexo 11.10. Evaluación de Riesgos y Determinación de los Puntos Críticos relacionados con la operación y calidad del agua en el acueducto.

Operación y Calidad del agua								
Diagnostico	Fotografía	Evento peligroso	Peligro	Evaluación semicuantitativa de riesgos				
				Gravedad	Probabilidad	Puntuación de Riesgo	Calificación de Riesgo	Priorización de peligros
Se desconoce la zona de recarga de las fuentes de agua subterránea	NA	Contaminación por infiltración al manto acuífero	F, Q	3	2	6	Medio	
¿Carece de procedimientos operativos de control de presiones?	NA	Problemas de presión en la red de distribución	F	1	2	2	Bajo	
¿Carece de procedimientos operativos de control de las instalaciones de tuberías y nuevas conexiones?	NA	Instalaciones mal realizadas o defectuosas	F, Q, M	2	3	6	Medio	
¿Carece de bitácoras con fecha, lugar y fotografía, de las mejoras o mantenimientos realizados al sistema?	NA	Instalaciones inapropiadas, falta de pruebas	F	1	3	3	Bajo	

¿Carece de procedimientos de uso de equipo, dosificación de cloro y mantenimiento de componentes?	NA	Dosificación inapropiada que mantenga los niveles de cloro residual muy bajos, causando condiciones que propician el crecimiento microbiológico en las tuberías y tanques, o niveles de cloro muy altos que causen problemas organolépticos y rechazo por parte de los consumidores	M, Q	2	3	6	Medio	
Carece de control operativo con análisis mensuales de cloro residual libre, turbiedad y olor	NA	Contaminación microbiológica, rechazo por parte del consumidor/ problemas a la salud de las personas/ demandas legales	M, Q	4	3	12	Alto	
Carecen de controles Cada tres años de los análisis de N1 completo, N2 y N3	NA	Contaminación por no llevar un monitoreo apropiado de las siguientes sustancias: aluminio, calcio, cloruro, cobre, dureza total, fluoruro, hierro, magnesio, manganeso, potasio, sodio, sulfato y zinc. Amonio, antimonio, arsénico, cadmio, cromo, mercurio, níquel, nitrato, nitrito, plomo, y selenio./ problemas a la salud de las personas/ demandas legales	Q	4	3	12	Alto	

Anexo 12. Presupuesto del proyecto

Categoría	Tipo de costo	Rubro	Aporte propio (colones)	Financiamiento ASADA (colones)	Total (colones)
Personal	Directo	Trabajo del investigador	581,741		749,175
	Directo	Guía por parte del fontanero		69363.6	
	Indirecto	Costos de dirección y supervisión	85,071		
	Indirecto	Seguro estudiantil	13000		
Materiales e insumos	Directo	Computadora con recursos de ofimática	44,065		89,224
	Directo	Software de información geográfica	0		
	Directo	GPS	7435.11		
	Directo	Teléfono celular	20000		
	Directo	Minutos de celular	6800		
	Directo	Medidor de cloro libre	3717.56		
	Directo	Reactivos de cloro libre	2,556		
	Directo	pH metro	4650		
Gastos de viaje	Directo	Diesel	5283		284,099
	Directo	Vehículo	278816		
infraestructura y equipo	Indirecto	Uso de servicios (energía)	46656		145,656
	Indirecto	Uso de servicios (infocomunicaciones)	99000		
				Total (colones)	1,268,154