



UNIVERSIDAD NACIONAL
SEDE REGIONAL CHOROTEGA
CAMPUS LIBERIA

INGENIERÍA HIDROLÓGICA

PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN

**ESTUDIO DE SOSTENIBILIDAD TÉCNICA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DEL
ACUEDUCTO COMUNAL DE LA GARITA, LA CRUZ, GUANACASTE, COSTA RICA**

PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA HIDROLÓGICA

EQUIPO SUPERVISOR:

ING. ELKE CASTILLO NOGUERA

UNIVERSIDAD NACIONAL

SUSTENTANTES:

AXEL HURTADO SALAZAR

ANA MARÍA MORONEY MATARRITA

LIBERIA, GUANACASTE, COSTA RICA

FEBRERO, 2022

ACTA DEL TRIBUNAL EVALUADOR

Liberia, Guanacaste

Febrero, 2022

Integrantes del Tribunal Evaluador

Dr. Rolando Madriz Vargas

Tutor

Dr. Juan Carlos Picón Cruz

Lector

M.Sc. Medardo Moscoso Vidal

Lector

M.Sc. Doriam Chavarría López

Representante de Decanatura

M.Ed. Wagner Castro Castillo

Representante de Dirección Académica

RESUMEN EJECUTIVO

El acueducto comunal de La Garita, La Cruz, Guanacaste, es el de mayor cercanía a desarrollos periféricos de vivienda y agricultura que requieren del suministro de agua potable. Con la finalidad de contar con un estudio de línea base que diagnosticara, en función de su sostenibilidad técnica, el estado actual del servicio proveído por la ASADA La Garita, se desarrolló el presente proyecto, que identificó las oportunidades de mejora para la optimización del servicio, previo a la integración de mayores abonados al sistema.

Capítulo I. Introducción al proyecto

Este capítulo delinea el contenido del proyecto. Se declara el problema en función de la carencia de estudios técnicos del servicio de agua potable, lo cual deriva en el desconocimiento de su estado actual, exponiendo la necesidad de diagnóstico previo a la incorporación de mayores abonados. Se define los objetivos del proyecto que sintetizan realizar un estudio de carácter técnico, que promueva la sostenibilidad del servicio, mediante cinco actividades prioritarias: conocimiento de la percepción social del servicio, realización de un análisis de brechas, en función de la percepción social, diagnóstico integral de gestión de riesgos de la ASADA, determinación del balance hídrico del acueducto comunal y validación del proyecto, en conjunto con la ASADA La Garita.

Capítulo II. Antecedentes

Se expone el contexto del estudio. Se describe la localidad de La Garita desde perspectivas generales, demográficas y socioeconómicas. Así mismo, se desglosa los componentes del acueducto comunal y se detalla los antecedentes de la ASADA La Garita, desde su conformación hasta la actualidad. Finalmente, se realiza un abordaje de caracterización biofísica y morfométrica de la cuenca hidrográfica Quebrada Arenosa de la cual es parte la zona de estudio.

Capítulo III. Marco Teórico

Este capítulo detalla el sustento teórico del proyecto. Se expone los conceptos claves pertinentes para el cumplimiento de los objetivos del estudio. Además, se define el marco de referencia de la sostenibilidad técnica y sus elementos asociados, que determinan la ejecución y análisis del proyecto.

Capítulo IV. Prefactibilidad

Se determinó la viabilidad del proyecto, mediante el abordaje de cinco prefactibilidades: legal, social, ambiental, económica-financiera y técnica. Cada una afirmó ser viable, por lo cual se concluyó que el proyecto procedía a su ejecución.

Capítulo V. Metodología

Este capítulo desglosa los seis pasos metodológicos realizados para el cumplimiento del estudio. Se inició por la recopilación de información preliminar, seguido de la formulación y aplicación de la encuesta de percepción social. El tercer paso consistió en la realización del análisis de brechas, mediante la definición de escenarios. Para el cuarto paso, se aplicó el diagnóstico y se generó el plan de gestión integral del riesgo de la ASADA (GIRA), seguido de la realización del balance hídrico del acueducto como quinto paso. El paso final correspondió a la validación del proyecto.

Capítulo VI. Resultados y discusión

La valoración del servicio provisto por la ASADA fue aceptable, según el 93,52 % de los abonados encuestados. El análisis de brechas indicó que la brecha determinada (el 6,48 %) se ubica en el escenario realista, con cercanía al escenario ideal. El plan GIRA identificó que la ASADA presenta vulnerabilidad baja (el 29 %) y sus oportunidades de mejora se concentra en la necesidad de diagnóstico, mejoría y actualización de la infraestructura; y la actualización organizacional de la ASADA.

El balance hídrico indicó que, para las fuentes de abastecimiento actuales (nacientes), existe cercanía al límite de su capacidad hídrica (2025) y, de legalizar el pozo, este plazo se extiende (2057). Además, se determinó para el mes más lluvioso, un 85 % de agua no contabilizada, lo cual representa un nicho para potenciales proyectos futuros de beneficio comunal. Finalmente, el proceso de validación del proyecto fue exitoso.

Capítulo VII. Conclusiones y recomendaciones

Se cumplió con la totalidad de los objetivos propuestos. Así mismo, se determinó que la sostenibilidad técnica del servicio provisto por la ASADA La Garita se encuentra comprometida, en función de las oportunidades de mejora identificadas.

EXECUTIVE SUMMARY

The community aqueduct of La Garita, La Cruz, Guanacaste is the nearest water supply facility to peripheral housing and agriculture developments that require drinking water. The current project was developed with the objective of generating a baseline study that offers a diagnosis of the water service provided by ASADA La Garita, resulting in the identification of the improvement opportunities for service optimization preceding the integration of more water consumers to the system.

Chapter I. Project Introduction

This chapter outlines the project's content. The research problem is declared through the lack of technical studies of the drinking water service which derives in the ignorance of its current state, exposing the necessity of a diagnosis before the incorporation of more water users. The project's objectives are defined and they synthesize in the elaboration of a technical study that promotes service sustainability through five priority activities: knowledge of the social perception of the service, a gap analysis based on the social perception, an integral diagnosis of the ASADA's risk management, the determination of the community aqueduct's water balance and the project's validation with ASADA La Garita.

Chapter II. Context

A general, demographic, and socioeconomic description of La Garita, which also breaks down the community's aqueduct components. Additionally, it details the ASADA's background history since its inauguration through the present. The chapter ends with a biophysical and morphometric characterization of the hydrographic basin "Quebrada Arenosa" that houses the study area.

Chapter III. Theoretical Framework

This chapter details the project's theory fundamentals. It exposes the key concepts required for the objectives' completion and defines the reference framework for technical sustainability and its associated elements that determine the project's execution and analysis.

Chapter IV. Prefeasibility

The project's viability was determined through a five-feasibility approach including: legal, social, environmental, economical-financial, and technical. Each approach concluded in the project's required viability preceding its execution.

Chapter V. Methodology

This chapter details the six-step methodology required for the study's completion. The first step focused on preliminary data compilation, followed by the design and application of the social perception survey. The third step consisted of the gap analysis through the definition of scenarios. The fourth step referred to the diagnosis and generation of the ASADA's integrated risk management plan (GIRA), followed by the determination of the aqueduct's water balance as the fifth step. The final step was the project's validation.

Chapter VI. Results and discussion

The ASADA's service assessment was determined as acceptable according to 93.52% of the survey respondents. The gap analysis concluded in a 6.48% gap located in the "realistic" scenario. The GIRA plan identified a low vulnerability (29%) for the ASADA and determined that the optimization opportunities are: the need for diagnosis, improvement and update of the current infrastructure, and the ASADA's organizational update. The water balance indicated that the current water sources (spring waters) are nearing their full hydric capacity (2025) and, if the water well obtains the required permits, the capacity period extends to 2057. Also, for the rainiest month, the non-revenue water percentage was at 85% representing a niche of opportunities for potential future community projects. Finally, the project's validation process was successful.

Chapter VII. Conclusions and recommendations

All the proposed objectives were completed. It was also determined that the technical sustainability of the service provided by ASADA La Garita is compromised in function of the identified optimization opportunities.

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico, en primer lugar, a mi familia, quienes siempre me han apoyado de manera incondicional, han sido quienes me han motivado a llegar hasta este punto, y me incitan a llegar más lejos.

En segundo lugar, a mis amigos, quienes han estado apoyándome, siempre con consejos y buenos momentos, en especial, a mi compañera y amiga, Ana María Moroney, quien me apoyó en el ámbito académico y personal durante la realización de este proyecto, puso todo su esfuerzo y corazón en cada sesión de trabajo, haciendo que estas fueran productivas a la par que divertidas.

Y, en tercer lugar, a La ASADA La Garita, por depositar su confianza en nosotros, dándonos la oportunidad de desarrollar este proyecto.

Axel Hurtado Salazar.

Dedico este trabajo con mucho cariño y gratitud, primeramente a Dios, por las personas que brindaron todo su apoyo y compromiso para culminar este proyecto. A mi compañero de equipo, por todo el esfuerzo y grandes experiencias compartidas que voy a atesorar siempre. A mi familia, por el constante cariño y credibilidad en mí. A Brandon y Khaira, por ser mis compañeros de aventuras y apoyos incondicionales para cumplir todas mis metas.

Especialmente, dedico este trabajo a la comunidad y ASADA de La Garita, que se convirtió en un segundo hogar, y abrieron sus puertas con toda la disposición y confianza en nuestras capacidades; e hicieron de este proyecto la mejor experiencia final de mi licenciatura.

Ana María Moroney Matarrita

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecemos profundamente a Dios, por darnos la salud, entendimiento y la resiliencia para concluir el proyecto de la manera más satisfactoria. A nuestras familias, por ser la fuente de apoyo incondicional, darnos palabras de aliento y momentos llenos de sonrisas para motivarnos.

A Khai, por recordarnos que tomar un respiro siempre es importante.

A la ASADA La Garita y a todos sus colaboradores, por recibirnos siempre con toda la disposición y de forma amena, para trabajar en equipo, donde nunca faltó el café y la buena conversación. Infinitas gracias por darnos el ejemplo y enseñarnos que donde está la voluntad, nunca hay excusa para lograr lo que se propone.

A la comunidad de La Garita, por sacar un tiempo para atendernos, conversar y escuchar sobre nuestro proyecto, inclusive, en los tiempos de lluvia.

A la Universidad Nacional, por ser nuestra casa de aprendizaje, permitirnos formar vínculos valiosos para toda nuestra trayectoria de vida, e inculcarnos que, al ejercer nuestra profesión, debemos tener presente que, con quienes tratemos, son ante todo personas, con una historia o realidad única.

Al Ing. Rolando Madriz Vargas, por ser un guía en las diferentes etapas del proyecto.

A nuestros queridos profesores, por inculcarnos excelentes valores y prácticas profesionales, así como su valioso conocimiento, el cual fue esencial para concretar y culminar este proyecto.

A Víctor Hugo Chacón, por brindarnos orientación y facilitarnos herramientas necesarias para el proyecto.

Ambos autores se agradecen mutuamente por las experiencias inolvidables, el trabajo en equipo y el apoyo incondicional, sin importar las circunstancias.

ÍNDICE DE ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS

Agua No Contabilizada	ANC
Asociación Administradora de Sistema de Acueductos y Alcantarillados Comunales	ASADA
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	AyA
Calentamiento Global	CB
Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos	CFIA
Efecto Invernadero	EI
El Niño-Oscilación del Sur (Fenómeno del Niño)	ENOS
Gases de Efecto Invernadero	GEI
Gestión Integral del Riesgo de ASADAS	GIRA
Gestión Integrada del Recurso Hídrico	GIRH
Objetivos de Desarrollo Sostenible	ODS
Organización Mundial de la Salud	OMS
Secretaría Técnica Nacional Ambiental de Costa Rica	SETENA
Sistemas de Información Geográfica	SIG

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN DEL PROYECTO DE ESTUDIO	1
1.1. Declaración del problema	2
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general	6
1.3.2. Objetivos específicos.....	6
1.4. Alcances y limitaciones	7
CAPÍTULO II. ANTECEDENTES.....	9
2.1. Descripción del área de estudio	9
2.2. Caracterización biofísica y morfométrica de la microcuenca Quebrada Arenosa.....	16
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	20
3.1. Definición de conceptos claves	22
3.2. Teoría y prácticas de referencia.....	29
CAPÍTULO IV. PREFACTIBILIDAD DEL PROYECTO	30
4.1. Prefactibilidad Legal	30
4.2. Prefactibilidad Social	32
4.3. Prefactibilidad Ambiental.....	33
4.4. Prefactibilidad Económica-Financiera	34
4.5. Prefactibilidad Técnica	36
4.5.1. Descripción de las herramientas de procesamiento	37
4.5.2. Inversión técnica del proyecto	38
4.5.3. Localización del proyecto	39

CAPÍTULO V. METODOLOGÍA.....	42
5.1. Descripción de la metodología	42
5.2. Métodos y herramientas.....	43
5.2.1. Recopilación de datos	43
5.2.2. Percepción social	43
5.2.3. Análisis de brechas	45
5.2.4. Herramienta GIRA	47
5.2.5. Balance hídrico del acueducto La Garita	49
5.2.6. Validación de los principales hallazgos del proyecto.....	50
5.3. Relación entre objetivos del estudio y metodología	52
CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
6.1. Resultados del proyecto.....	57
6.2. Resultados según objetivos del proyecto	62
6.3. Discusión de los principales hallazgos del proyecto	69
6.4. Discusión de los resultados respecto a los objetivos planteados.....	81
6.5. Discusión del diseño metodológico del proyecto.....	82
CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
7.1. Conclusiones.....	83
7.2. Recomendaciones	85
BIBLIOGRAFÍA	87
ANEXOS	92

Índice de tablas

Tabla 2.1. Características climatológicas de la subregión PN3.....	18
Tabla 2.2. Parámetros morfométricos de la cuenca.....	18
Tabla 4.1. Marco de referencia legal aplicable al proyecto	31
Tabla 4.2. Actores sociales clave para la determinación de la percepción social	32
Tabla 4.3. Presupuesto global del proyecto	35
Tabla 4.4. Componentes técnicos requeridos en el proyecto.....	37
Tabla 4.5. Inversión técnica del proyecto	39
Tabla 5.1. Datos de interés de la encuesta, según tres categorías.....	45
Tabla 5.2. Clasificación de escenarios para el análisis de brechas, según criterio profesional.....	47
Tabla 5.3. Relación entre objetivos del proyecto y la metodología	54
Tabla 6.1. Datos y herramientas recopilados	59
Tabla 6.2. Cuantificación de la brecha entre la percepción social y el de las autoridades, respecto a la clasificación “aceptable” del servicio.....	64
Tabla 6.3. Amenazas de mayor impacto en la ASADA La Garita	67
Tabla 6.4. Vulnerabilidad de la ASADA La Garita	67
Tabla 6.5. Proyecciones del balance hídrico del acueducto La Garita, según método del peor mes	68
Tabla 6.6. Costo social de la compra de agua potable para los abonados de la ASADA La Garita	71
Tabla 6.7. Costos asociados a la compra de válvulas para el sistema de purga	73
Tabla 6.8. Costos asociados a la compra de tubería de reemplazo.....	75
Tabla 6.9. Nuevas previstas anuales que puede brindar la ASADA La Garita, según capacidad hídrica de fuentes actuales de abastecimiento	78

Tabla 6.10. Proyecciones del balance hídrico del acueducto La Garita, considerando el pozo	79
--	----

Índice de figuras

Figura 2.1. Mapa de ubicación del poblado La Garita	10
Figura 2.2. Mapa de los componentes del acueducto de la ASADA La Garita	11
Figura 2.3. Comunidad de La Garita	13
Figura 2.4. Oficina de la ASADA La Garita	16
Figura 2.5. Cuenca de la Quebrada Arenosa	17
Figura 4.1. Prefactibilidades del proyecto adaptado de Sapag (2014)	30
Figura 4.2. Componentes requeridos para la elaboración del proyecto	36
Figura 4.3. Macrolocalización del proyecto	40
Figura 4.4. Microlocalización del proyecto	41
Figura 5.1. Datos base recopilados	43
Figura 5.2. Diagrama del proceso de aplicación del análisis de brechas	46
Figura 5.3. Paso 1 del GIRA	47
Figura 5.4. Paso 2 del GIRA	48
Figura 5.5. Paso 3 del GIRA	48
Figura 5.6. Paso 4 del GIRA	48
Figura 5.7. Paso 5 del GIRA	49
Figura 5.8. Paso 6 del GIRA	49
Figura 5.9. Esquema general de insumos y productos del balance hídrico	50
Figura 5.10. Proceso de validación del proyecto	51
Figura 5.11. Diagrama de interrelaciones de objetivos con metas propuestas	53
Figura 6.1. Clasificación del servicio de agua potable	63
Figura 6.2. Identificación de turbiedad en el agua, según encuestados	63

Figura 6.3. Vulnerabilidad de la ASADA La Garita..... 65

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN DEL PROYECTO DE ESTUDIO

En materia del servicio de abastecimiento de agua, el término de sostenibilidad referirá mantener un determinado nivel de beneficio derivado de una inversión inicial, el cual perdurará una vez concluida su etapa de implementación. Este beneficio debe garantizar el cumplimiento del derecho humano al agua, mediante tres premisas: disponibilidad, calidad y accesibilidad (Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), 2015).

A nivel mundial se han establecido diversas estrategias orientadas a la promoción de dicha sostenibilidad, con un énfasis prioritario en acueductos rurales, de manera que los servicios atraviesen procesos constantes de diagnóstico y optimización, según las necesidades de las localidades abastecidas.

En el caso de España, se ha implementado el proyecto de “Planes de Sostenibilidad”, cuyo principal objetivo consiste en evaluar el servicio de agua potable en zonas rurales, con el fin de elaborar una planificación a corto, mediano y largo plazos que reduzcan las debilidades identificadas que comprometen la sostenibilidad, la cual se define mediante cinco ejes que engloban el eje técnico (AECID, 2015).

En Latinoamérica, Paraguay, en conjunto con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), ejecutó el proyecto “Estudio sobre el funcionamiento y la sostenibilidad de las intervenciones de agua potable y saneamiento en áreas rurales”, que evaluó 100 sistemas de abastecimiento y concluyó que el eje técnico es uno de los dos determinantes para garantizar la sostenibilidad de un servicio referente a la generación de estrategias que atiendan la expansión de la demanda hídrica (Oficina de Evaluación y Supervisión (OVE), 2016).

La Política Nacional de Agua Potable de Costa Rica (2017-2030) indica que “la inversión económica en el mantenimiento y operación de los actuales sistemas de abastecimiento de agua potable debe ser suficiente para garantizar la sostenibilidad del

servicio”. Esta, además, enfatiza la obligatoriedad de fortalecer las capacidades técnicas de los entes operadores, de manera que se defina con claridad los proyectos requeridos para ejecutar las medidas de mantenimiento y operación necesarias (AyA, 2017).

El capítulo introductorio expondrá el primer acercamiento al contenido del proyecto. Se abarca las secciones de declaratoria del problema en la que se describe la necesidad de subsanar la escasez de información técnica-social del servicio de agua potable de la comunidad de La Garita, así como la justificación que expone los fundamentos en los que se sustenta el proyecto desde los enfoques legal, social y técnico. De igual manera, incluye la sección de objetivos, la cual desglosa las cinco metas concebidas para la conclusión del proyecto, los alcances y las limitaciones.

1.1. Declaración del problema

La ASADA La Garita es el ente encargado de proveer el servicio de agua potable en la comunidad de La Garita, La Cruz, Guanacaste. Recientemente, se han iniciado proyectos agrícolas y urbanos en las zonas cercanas a la comunidad, los cuales han solicitado que la ASADA les brinde el servicio de agua potable. Lo anterior, debido a que el acueducto de La Garita es el más cercano a los proyectos solicitantes y que, según la modificación al artículo 50 de la Constitución Política de Costa Rica, el agua para consumo humano posee la máxima prioridad y es un derecho universal.

Actualmente, la ASADA carece de los estudios técnicos necesarios que permitan conocer la capacidad hídrica del acueducto y, por ende, la estimación de los servicios máximos que pueden brindarse. Así mismo, existen limitaciones y desconocimiento en temáticas relevantes para la promoción de la sostenibilidad del servicio. Entre dichas temáticas destaca la gestión integral del riesgo, la cual mediante un enfoque preventivo diagnostica diferentes ejes en la función y gestión del acueducto, con el fin de solventar problemáticas existentes y desarrollar mecanismos para afrontar y/o mitigar riesgos futuros.

Otra temática relevante se encuentra en el componente social, ya que se desconoce la percepción de la comunidad respecto al servicio brindado, ya que representaría un futuro conflicto social el asumir una mayor demanda hídrica, si actualmente la calidad del servicio no es la adecuada.

En función de lo expuesto, tener desconocimiento de lo mencionado es un problema que debe ser subsanado, con el fin de que la ASADA continúe sus planes de desarrollo al contar con el respaldo técnico-científico y social adecuado. Además, estos estudios contribuyen hacia la sostenibilidad del servicio, lo cual es el objetivo primordial para un ente proveedor que debe garantizar, a largo plazo, agua potable en cantidad y calidad suficiente para todos sus abonados (OMS, 2006).

1.2. Justificación

La accesibilidad, calidad y disponibilidad de agua potable constituyen necesidades humanas innegables para el desarrollo y mejoría de la calidad de vida (Skewes, 2017). En función de lo anterior, realizar estudios que permitan la caracterización y análisis de los sistemas y servicios de agua potable, representan insumos claves para la optimización de los procesos de planificación y gestión del recurso hídrico, en torno al consumo humano, de tal manera que se promueva su sostenibilidad. El presente proyecto aborda los aspectos mencionados, y utiliza como fundamento los tres ejes: legal, socio-ambiental y técnico.

En el 2019, se publicó en Costa Rica el decreto ejecutivo de emergencia por déficit hídrico (Presidencia de la República, 2019). Incluye a todos los cantones de Guanacaste y establece que se debe asegurar las alternativas hídricas para la subsistencia. Al focalizar la comunidad de La Garita, esta integra uno de los cuatro distritos del cantón de La Cruz, Guanacaste, por lo tanto, la zona de estudio es de orden prioritario en el contexto de la seguridad hídrica regional y nacional, al ser parte de las locaciones de mayor vulnerabilidad ante la escasez hídrica.

Costa Rica ha establecido mediante el acuerdo internacional de la Agenda 2030 un compromiso de consolidar un enfoque país en torno hacia la sostenibilidad. El Objetivo 6: Agua y Saneamiento, que forma parte de los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), refiere garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible para todos (ONU, 2015).

Al ser los acueductos comunales parte fundamental de los sistemas a nivel país encargados del suministro del agua potable (Martínez, 2010; citado por Veas, 2011) es congruente que se desarrolle procesos que orienten su gestión hacia la sostenibilidad, de tal manera que el servicio de agua potable sea sostenible, y contribuya con el marco país. Cabe destacar que esta gestión requiere del abordaje técnico, con el fin de que contemple la integralidad que permita derivar hacia la sostenibilidad.

La caracterización de la infraestructura, fuentes y consumo que conforman los sistemas de suministro de agua potable provee información necesaria para los procesos de gestión. De acuerdo con lo anterior, recopilar y generar data sobre el estado, los aspectos de diseño y la capacidad de los sistemas permitirá que se determine la viabilidad técnica de ellos para los planes o patrones de desarrollo de la zona.

Así mismo, permite aplicar el criterio técnico en los procesos de toma de decisiones de las ASADAS, con el fin de que se promueva un servicio de abastecimiento de calidad suficiente y que sea sostenible para la comunidad, según la disponibilidad hídrica. Esto es acorde con el artículo 5 del Código de Ética Profesional (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 1995) que refiere la responsabilidad profesional de los ingenieros de realizar todos los estudios técnicos requeridos, con el fin de promover una gestión responsable de los recursos naturales para los aprovechamientos humanos.

Es prioritario en una zona de alta vulnerabilidad hídrica contar con información veraz y actual del sistema acueducto, de manera que se optimice los procesos de gestión

y se oriente hacia un servicio de agua potable eficiente y sostenible, siendo este el principal sustento de esta investigación.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Elaborar un estudio técnico que diagnostique y promueva la sostenibilidad del servicio de agua potable del acueducto comunal de La Garita, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Identificar la percepción de los usuarios del agua mediante la aplicación de un método cualitativo de consulta que establezca su valoración hacia el servicio de agua potable.
2. Realizar un análisis de brechas comparando la percepción de los usuarios del servicio y los informes de control de calidad de agua del acueducto, que identifique la disparidad entre ambas.
3. Elaborar un plan que recomiende acciones correctivas prioritarias para la optimización del servicio, mediante la aplicación del instrumento "GIRA" (Plan de Gestión Integral del Riesgo para ASADAS).
4. Analizar la oferta y demanda para determinar la sostenibilidad de las fuentes de abastecimiento actuales, aplicando el balance hídrico del acueducto de La Garita.
5. Validar los principales hallazgos del proyecto con la Junta Directiva de la ASADA La Garita, mediante un instrumento divulgativo, de manera que se consolide el estudio.

1.4. Alcances y limitaciones

Alcances

- Generar un informe de consulta técnica del servicio de agua potable del acueducto comunal de La Garita, que proporcione información base para los procesos de toma de decisiones de la ASADA.
- Conocer con mayor representatividad la realidad del servicio de agua potable comunal a través del acercamiento a abonados y al ente proveedor con la finalidad de integrar y utilizar ambos contextos en el análisis y la génesis de propuestas de mejora del servicio.
- Contribuir en la determinación de la prefactibilidad social para el planteamiento de futuros proyectos de la ASADA verificando, mediante el análisis de brechas, la congruencia entre la percepción de los usuarios y los informes de control de calidad de agua del acueducto.
- Promover la participación de los principales colaboradores de la ASADA en un proceso de diagnóstico y análisis del servicio de agua potable, en conjunto con el acompañamiento técnico, de manera que se registre como antecedente positivo de un proceso colaborativo para el sustento de futuros proyectos con equipos multidisciplinarios.
- Priorizar las acciones correctivas requeridas, según la gestión de la ASADA y el acueducto, que funjan como sustento de un plan correctivo factible en función de las condiciones socioeconómicas de la ASADA.
- Presentar ante los líderes de la ASADA un instrumento de carácter divulgativo, que permita la comunicación inclusiva y el conocimiento público de los principales hallazgos del estudio, de manera que se realice una difusión clave de aspectos

prioritarios del servicio de agua potable para los futuros procesos de toma de decisiones.

Limitaciones

- La carencia de un registro diario de aforos de las fuentes de abastecimiento aporta incertidumbre en los datos de entrada del balance hídrico del acueducto.
- Para el tema social, el proyecto busca únicamente dos elementos: tomar en cuenta la opinión de la comunidad respecto al servicio brindado por la ASADA La Garita, y su posición sobre la realización del presente proyecto. Temas como liderazgo, aspectos de género, inclusión de las personas jóvenes dentro de la directiva y la renovación de cargos, serán tomados en cuenta por los autores durante el acercamiento a los actores clave, sin embargo, no son el enfoque de este proyecto.

CAPÍTULO II. ANTECEDENTES

El presente capítulo describe los aspectos del área de interés que permiten contextualizar la realidad local. Se aborda una descripción de la zona en función de sus características geográficas y demográficas, de igual manera, se menciona las interacciones socioeconómicas. Además, se procederá a exponer los antecedentes principales, en relación con la historia de la ASADA La Garita y se concluirá con la caracterización de la microcuenca que incluye la zona de estudio.

2.1. Descripción del área de estudio

El poblado de La Garita se ubica en el distrito de La Garita, La Cruz, Guanacaste. Este se localiza entre las coordenadas 1221000-1226000 metros este y 325000-333000 metros norte en la proyección CRTM05, como lo expone la figura 2.1. La comunidad es de carácter rural y cuenta con una escuela y colegio del Ministerio de Educación Pública, una iglesia católica, la estación de la Fuerza Pública, la oficina de la ASADA, un EBÁIS (Equipos Básicos de Atención Integral en Salud), el salón comunal, una plaza y un parque, además de los asentamientos de vivienda.

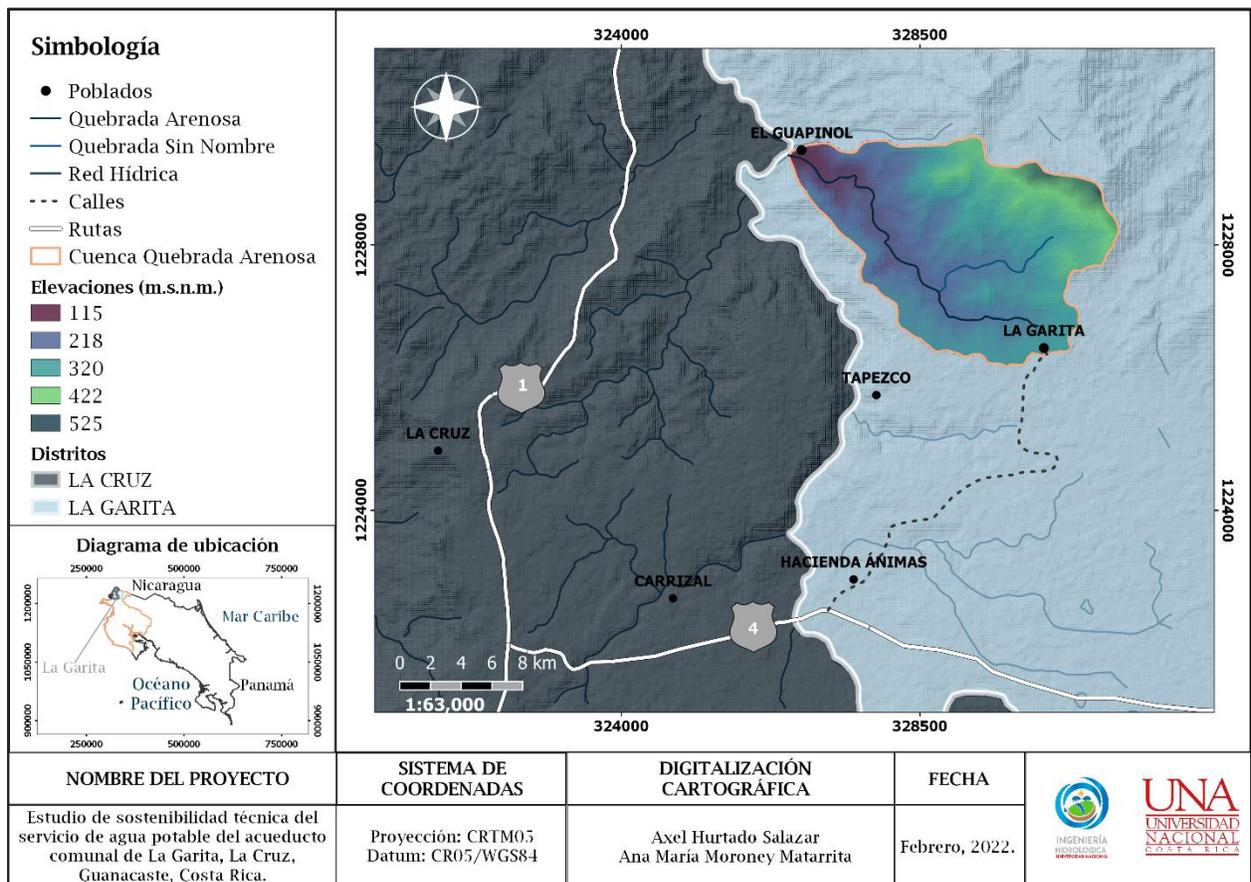


Figura 2.1. Mapa de ubicación del poblado La Garita
Fuente: Elaboración propia, 2021

Respecto a su topografía, la comunidad presenta una pendiente promedio del 6 %, siendo la máxima de un 19 % con un relieve, en su mayoría plano y poco escarpado, en las zonas que concentran los asentamientos humanos. Así mismo, La Garita presenta un rango de elevaciones distribuido entre los 286 m.s.n.m. a los 324 m.s.n.m. y su elevación promedio corresponde a 307 m.s.n.m. En relación con la infraestructura del acueducto comunal, la figura 2.2 expone un mapa con su localización y distribución.

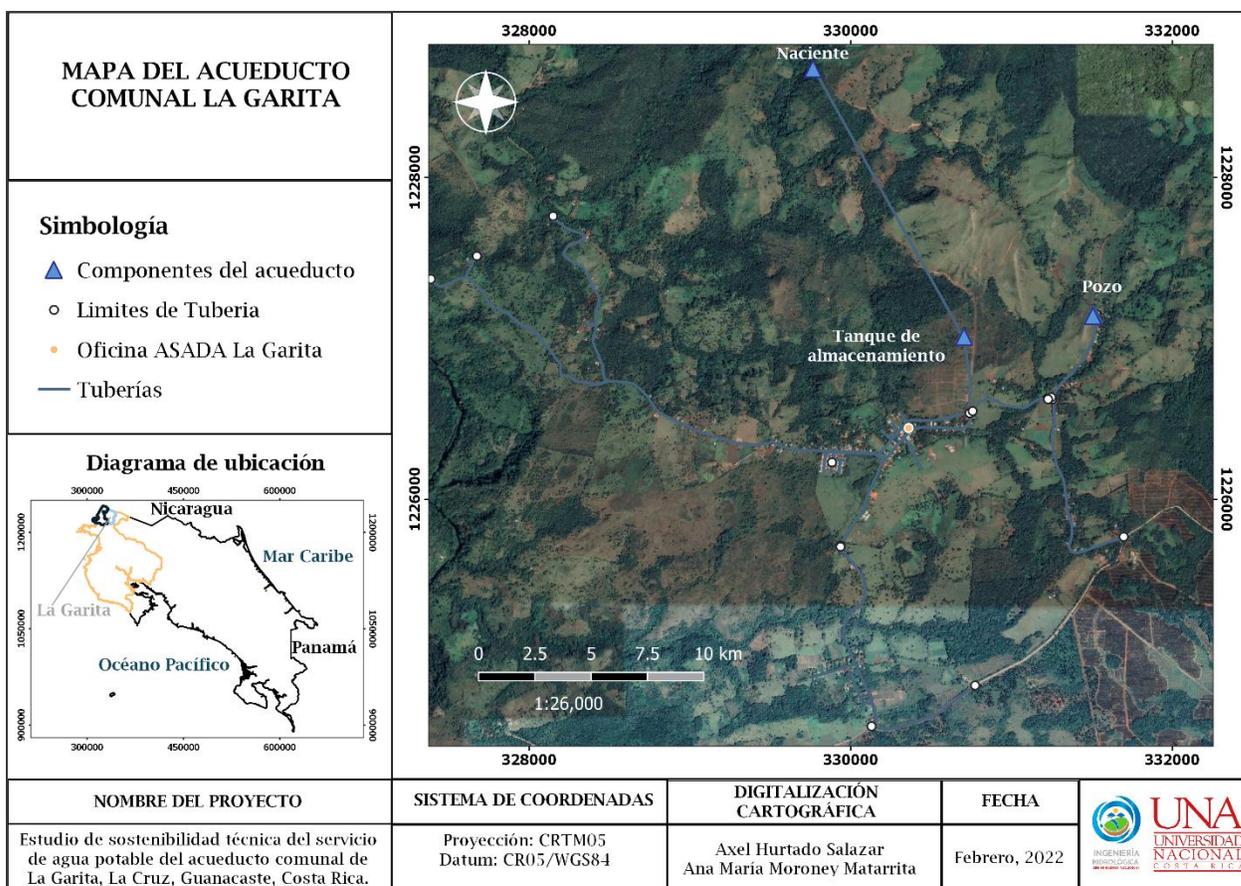


Figura 2.2. Mapa de los componentes del acueducto de la ASADA La Garita

Fuente: Elaboración propia, 2021

Los componentes que conforman el acueducto de la ASADA La Garita se describe a continuación:

- **Naciente:** Este elemento se conforma por un conjunto de nacientes captadas mediante "cámaras húmedas", las cuales se canaliza hacia un clorador con tuberías PVC. Su caudal en conjunto es de aproximadamente 3,44 L/s para el mes más seco, de acuerdo con el balance hídrico realizado en el presente estudio.
- **Pozo:** Este se encuentra en proceso de legalización, de acuerdo con una prueba de bombeo realizada en el momento de perforación del pozo, este tiene una capacidad aproximada de 3 L/s.
- **Tanques:** Se cuenta con dos pares de tanques: dos de concreto con una capacidad de almacenamiento de 25 m³ cada uno y dos tanques de polietileno con una capacidad de 22 m³ cada uno.

- **Red de tuberías:** La ASADA cuenta con una red de tuberías de aproximadamente 15,65 km con diámetros de entre 1 y 4 pulgadas.

2.1.2. Aspectos demográficos

El distrito de La Garita se caracteriza por presentar el 8,8 % del total de la población del cantón de La Cruz y el poblado, del mismo nombre, concentra la mayor cantidad de habitantes del distrito (Blanco, 2014). Según los datos del último censo nacional realizado en el 2011 por el INEC, La Garita presentó una población de 1087 personas y, de acuerdo con las proyecciones de crecimiento poblacional, al 2021 se estima 1313 habitantes.

2.1.3. Aspectos socioeconómicos.

Las principales actividades productivas desarrolladas en el distrito, mencionadas, según su orden de prioridad, son: la agricultura, la ganadería y el turismo rural en pequeña escala (INDER, 2014). Cabe destacar que, respecto a la población económicamente activa (mayor a 15 años), la mayoría desarrolla labores que requieren poca preparación escolar, lo que conlleva a que los ingresos sean poco significativos, siendo en alto porcentaje (el 52 %) ocupaciones elementales y ventas en locales y servicios directos, lo cual se relaciona directamente con el bajo nivel educativo de la población general y la condición de pobreza (Blanco, 2014), la cual fue cuantificada mediante un Índice de Desarrollo Social (IDS) inferior al 50 %, lo que indica que los habitantes poseen poca capacidad para solventar sus necesidades básicas (INDER, 2014).

Además, existe una importante concentración de asentamientos de personas extranjeras, la mayoría proveniente de Nicaragua; país fronterizo al cantón de La Cruz, quienes desarrollan labores elementales asociadas a los sectores primario y terciario, lo

cual contribuye a las limitaciones económicas y ocupacionales de la población (Blanco, 2014).



Figura 2.3. Comunidad de La Garita
Fuente: Elaboración propia, 2021

2.1.4. Antecedentes de la ASADA La Garita

La descripción de la historia y evolución de la ASADA La Garita utilizó como base información recopilada mediante la realización de entrevistas a la Junta Directiva de esta durante el primer período del 2021 (Anexo 1) y a la Oficina Regional de Acueductos Rurales del AyA. La ASADA La Garita fue consolidada como tal en el 2005, tras la oficialización del “Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunes”.

Esta cuenta con un convenio de delegación ante el AyA, lo cual hace que sea completamente formal y legal para la ejecución de sus labores como ente encargado de la gestión del servicio de agua potable en la comunidad.

La construcción del acueducto fue realizada mediante esfuerzo comunal, previo a la conformación de la ASADA. El financiamiento provino de actividades y préstamos comunales y, mediante la asignación de labores entre los habitantes, lograron edificar la infraestructura requerida. Debido a la falta de acompañamiento técnico durante el período de diseño y construcción, al entrar en función la infraestructura presentó una serie de fallas como la falta de presión que permitiera la correcta distribución del agua a todas las viviendas, sin embargo, aplicando soluciones empíricas se solventó estos inconvenientes.

En lo referente a la administración de la ASADA, su junta directiva ha sido integrada por los mismos actores, en su mayoría, de períodos desde sus inicios hasta la actualidad, debido a que la comunidad se ha caracterizado por delegar las labores de la gestión del servicio a quienes conformaron el grupo que desarrolló el proyecto de la edificación del acueducto.

Cabe destacar que, aunque algunos miembros comunales externos a dicho grupo han concretado su participación en distintos períodos de junta, uno de los mayores retos ha sido la escasa integración de actores jóvenes, cuyo desinterés se ha promovido en la idea de que quienes realicen este trabajo deben ser los líderes comunales que siempre han desempeñado estos roles.

Adicionalmente, desde su conformación, han superado otros retos sociales, tales como la inicial oposición al pago del servicio por parte de una sección de la comunidad; esto relacionado al sentimiento de arraigo y pertenencia que caracteriza la cultura del agua local. Permea en la comunidad una notoria autonomía en la toma de decisiones relacionadas con los recursos hídricos de la zona, con el fundamento de que, si el pueblo

tiene la necesidad del agua, esta se suplirá, ya que el agua de La Garita es para los habitantes de La Garita.

De igual manera, se han realizado avances en proyectos a pequeña escala, con el fin de robustecer los alcances de la ASADA; actualmente, se está gestando la conformación de una Federación de ASADAS del cantón de La Cruz, en la que se encuentra partícipe el presidente de la ASADA La Garita, con el fin de acceder a servicios de manera conjunta. También, recientemente, se formalizó un arreglo de pago con un propietario privado que permitió el traspaso de un terreno a nombre de la ASADA, el cual cuenta con cuatro nacientes proyectadas para una futura ampliación de la oferta hídrica del servicio, mediante su interconexión al acueducto.

La ASADA posee apertura al AyA, sin embargo, la comunicación entre ambos entes ha sido estrictamente telefónica, inclusive previo al contexto de la emergencia sanitaria por la COVID-19. En el 2017, la zona de La Garita tuvo afectación directa, debido a los años de sequía asociados al fenómeno ENOS y su fuerte incidencia en Guanacaste, lo cual resultó en que las cinco nacientes utilizadas en el acueducto no contaran con capacidad hídrica para suplir la demanda comunal.

Ante las necesidades de la comunidad, la respuesta por parte de la ASADA consecuente con la cultura del agua local fue la perforación de un pozo, lo que permitió solventar la problemática. Este pozo actualmente se encuentra en tramitología ante la Dirección de Agua del Ministerio de Ambiente y Energía para la obtención de su respectivo permiso de aprovechamiento. Si bien, la ASADA aprovechó el proceso de amnistía para el registro de pozos decretado por el gobierno en 2019, la ilegalidad actual de él, impide la prestación de servicios que lo utilicen como fuente de abastecimiento.



Figura 2.4. Oficina de la ASADA La Garita
Fuente: Moroney & Hurtado, 2021

2.2. Caracterización biofísica y morfométrica de la microcuenca Quebrada Arenosa

El planteamiento del presente estudio no precisa de un enfoque de cuenca, ya que los análisis serán efectuados utilizando el acueducto comunal como sistema hidrológico de interés, sin embargo, se expondrá la caracterización biofísica y morfométrica de la microcuenca Quebrada Arenosa, expuesta mediante la figura 2.5, en la cual se localiza la zona de interés, con el fin de generar mayores insumos informativos respecto al territorio.

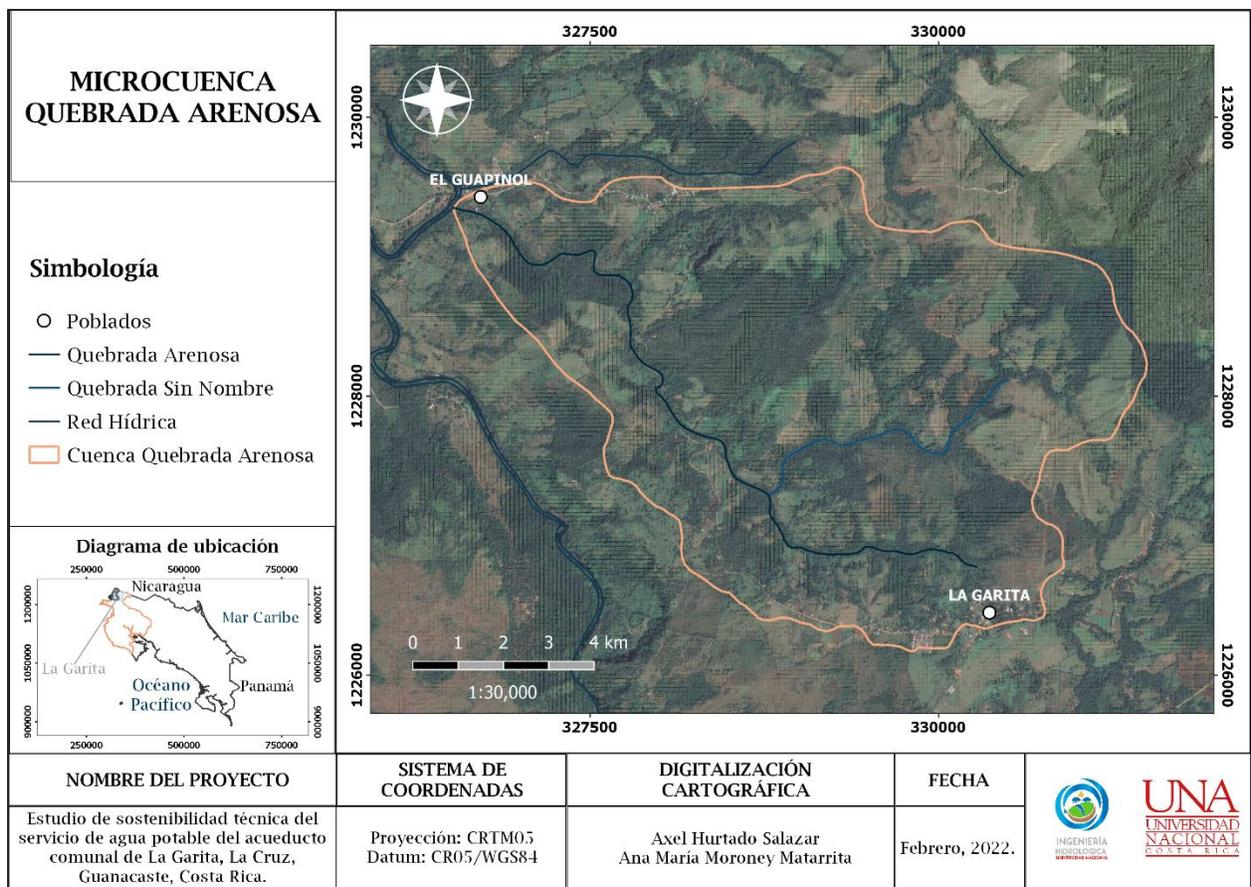


Figura 2.5. Cuenca de la Quebrada Arenosa
Fuente: Elaboración propia, 2021

La microcuenca se ubica en la zona norte de la hoja cartográfica Bahía de Salinas del Instituto Geográfico Nacional y abarca una extensión de 10 830 km². Esta presenta dos cuerpos de agua, el cauce principal denominado Quebrada Arenosa, con un recorrido de 5560 km, y una Quebrada Sin Nombre, con 2290 km de longitud, que corresponde al único tributario. Ambos cuerpos son de carácter intermitente y durante los períodos de época lluviosa sus aguas drenan hacia la cuenca del río Sapoá en la subvertiente norte del país.

La cuenca se localiza en la zona de vida clasificada según Holdridge (1978) como Bosque Húmedo Tropical con transición a Basal (bh-T), la cual presenta un rango de temperatura entre los 24 °C a los 30 °C, y una precipitación promedio anual que varía entre los 2000 mm a los 4000 mm. Así mismo, respecto a su climatología, esta se encuentra en la región Pacífico Norte, clasificada según Solano & Villalobos (2000) como

subregión PN3: Base y faldas de las Cordilleras de Guanacaste y de Tilarán, la cual presenta un tipo de clima lluvioso con influencia monzónica. La tabla 2.1 expone el resumen sinóptico climático de la subregión PN3.

Tabla 2.1. Características climatológicas de la subregión PN3

Precipitación Media Anual (mm)	Temperatura Máxima Media Anual (°C)	Temperatura Media Anual (°C)	Temperatura Mínima Media Anual (°C)	Promedio de días con lluvia	Duración del período seco (meses)
2462	25	21	17	173	3

Fuente: Solano & Villalobos, 2000

Con respecto a la morfometría de la cuenca, la tabla 2.2 expone los parámetros morfométricos determinados.

Tabla 2.2. Parámetros morfométricos de la cuenca

Parámetro	Valor
Área de la cuenca (km ²)	10 830
Perímetro de la cuenca (km)	14,7
Elevación máxima de la cuenca (m.s.n.m.)	525
Elevación media de la cuenca (m.s.n.m.)	288
Elevación mínima de la cuenca (m.s.n.m.)	115
Pendiente media de la cuenca (%)	18,5
Longitud del cauce principal (km)	5,56
Índice de compacidad	1,29
Tiempo de concentración (minutos)	58,3
Orden de los cauces	2
Pendiente media del cauce (%)	2,89
Densidad de drenaje (km ⁻¹)	0,755

Fuente: Elaboración propia, 2021

Según lo establecido por Villón (2002), se clasifica la microcuenca como “pequeña” en función de su extensión. Esta además presentará una forma levemente alargada, consecuente con el valor obtenido del índice de compacidad, que supera la unidad, tal y como lo expone la figura 2.4. Así mismo, respecto al valor de densidad de

drenaje, es un indicador de suelos con vasta cobertura vegetal y con poca tendencia a la erosión, ya que es un territorio con poca urbanización, que en su mayoría corresponde a zonas verdes, principalmente bosque primario y pastos.

De igual manera, la pendiente media de la cuenca refiere un porcentaje relativamente bajo, lo cual se refleja en un tiempo de concentración cercano a la hora, debido a que intervendrá en los procesos de escorrentía.

El capítulo contextualizó los aspectos sociales e hidrológicos de relevancia para la descripción de la comunidad de La Garita, así como la exposición de los antecedentes de la ASADA. Estos insumos, en conjunto con lo presentado en el capítulo uno, permiten definir los conceptos claves requeridos para el desarrollo del proyecto; estos serán expuestos en el capítulo tres.

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

La historia ha demostrado que el desarrollo está ligado al agua. Un claro ejemplo que respalda esta afirmación es el imperio romano, uno de los más grandes de todos los tiempos, ya que poseía grandes obras de infraestructura, diseñadas por los ingenieros de la época, las cuales abastecían a sus ciudades de este líquido (National Geographic, 2020). En la actualidad, esta tendencia se mantiene, zonas desérticas están ligadas a un bajo desarrollo, mientras que las zonas con abundancia hídrica presentan un aumento en este parámetro (Organización de las Naciones Unidas, 2014).

Los recursos renovables se definen como aquellos que se pueden auto regenerar (Real academia de ingeniería, 2021), las condiciones climáticas de nuestro planeta permiten que se dé el ciclo hidrológico, en una de las etapas de este, se genera agua dulce en forma de precipitación, de la cual una fracción se escapa del suelo y la vegetación en forma de evapotranspiración, otra percola en este mismo medio y otra se convierte en escorrentía (Campos Aranda, 1998). Las fuentes de agua dulce del planeta provienen de este ciclo, el cual está estrictamente ligado a las condiciones climáticas, por lo que las variaciones en estas pueden alterarlo.

Las variables climáticas pueden verse afectadas por diversos factores, siendo el efecto invernadero (EI) uno de los más importantes. El llamado efecto invernadero, es un fenómeno natural que regula el calentamiento de la atmósfera, debido a la presencia de gases naturales que retienen la temperatura emanada por el sol, por otra parte, el efecto invernadero natural se ha incrementado por el ser humano, debido a la producción de gases antropogénicos, es decir, gases de efecto invernadero (GEI) que son producto de las actividades humanas. Ambos efectos producen un cambio en el clima conocido como cambio climático, el cual tiene el prejuicio de impactar negativamente los sistemas ecológicos (Benavides & León, 2007).

La sobreexplotación de los recursos naturales, en conjunto con la contaminación derivada de las actividades socio-productivas ha incurrido en la ratificación de acuerdos internacionales, en pro del desarrollo sostenible, ejemplos de esto son el acuerdo de París y la declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo (United Nations Framework Convention on Climate Change, 2021). Actualmente, el compromiso internacional de mayor incidencia, en relación con esta temática corresponde a la Agenda 2030 de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), cuyo cumplimiento es esencial en la promoción de la sostenibilidad global.

El objetivo de desarrollo sostenible número seis, está relacionado directamente con el abastecimiento de agua potable para las personas, este se fundamenta en que el agua es indispensable para la vida y que actualmente hay personas sin acceso a este recurso, lo cual va en contra al derecho universal a la vida (Organización de las Naciones Unidas, 2020).

En Costa Rica, el agua se reconoce legalmente como un derecho humano a partir del 2020, además en esta modificación de la constitución política, se dicta que en el país es prioridad el agua para consumo humano (Ugarte, 2020), lo que alinea los objetivos de Costa Rica en materia de abastecimiento de agua potable con el objetivo número seis de desarrollo sostenible propuesto por la ONU.

Se sabe que el agua está ligada directamente a la vida, lo que, a su vez, la liga a cualquier proceso. Resulta difícil imaginar un proceso que no requiera del agua de manera directa o indirecta, la interacción que tiene este recurso con los distintos sistemas que conforman el entorno, desemboca en una alta complejidad, cuando de su gestión se trata. La importancia de este recurso obliga a la humanidad a gestionar a este y los recursos relacionados, de manera que se distribuya de manera eficiente, generando la mayor productividad económica y bienestar social, lo cual se define como GIRH (Global Water Partnership, 2011).

3.1. Definición de conceptos claves

3.1.1. Acueductos

Los acueductos, según el diccionario de la Real Academia Española (2020) se define como conductos de agua formados por canales y caños subterráneos, o por arcos levantados, los cuales tienen como objetivo principal el abastecer de agua a una población. La importancia del agua en las actividades humanas hace indispensable su conducción hasta las comunidades, sumado al compromiso de los gobiernos como el de Costa Rica, cuya legislación prioriza el abastecimiento de agua potable a toda su población, según el artículo 50 de la Constitución Política de Costa Rica, deriva en una serie de normas por seguir para garantizar el abastecimiento. Para la creación de un acueducto son necesarios algunos componentes básicos, así como criterios de diseño, los cuales se detalla a continuación, según (López, 2003):

3.1.2. Componentes básicos de un acueducto

- **Fuente de abastecimiento:** La fuente de abastecimiento de agua puede ser superficial, como en los casos de ríos, lagos, embalses o incluso aguas lluvias, o de aguas subterráneas superficiales o profundas. La elección del tipo de abastecimiento depende de factores, tales como localización, calidad y cantidad (López, 2003). En el caso del acueducto de estudio la fuente de agua corresponde a manantial de ladera, de acuerdo con la clasificación mencionada por (Agüero, 2004), esta puede variar su caudal de aporte durante los meses secos, debido a la disminución del nivel freático del acuífero al que depende, por lo que es necesario tener un registro volumétrico que permita analizar el comportamiento de la fuente.
- **Obra de captación:** El tipo de estructura utilizada para la captación del agua depende, en primer lugar, del tipo de fuente de abastecimiento utilizado. En general, en los casos de captación de agua superficial se habla de "bocatomas", mientras que la captación de

aguas subterráneas se hace por medio de "pozos" (López, 2003). En el caso de estudio se emplea tomas de ladera, las cuales están conformadas por cámaras húmedas que captan el agua de los distintos afloramientos del manantial y la dirigen hacia la tubería de conducción. Estas obras, de acuerdo con la norma, deben ser diseñadas para un periodo de entre 25 y 50 años (AyA, 2017).

- **Obras de conducción:** En un proyecto existen numerosas conducciones de agua entre diferentes puntos, por ejemplo: bocatoma-desarenador, desarenador- tanque de almacenamiento y línea matriz. Hidráulicamente, estas conducciones pueden ser de diferentes formas, dependiendo de la topografía y la longitud. Estas conducciones son generalmente por tubería a presión o por gravedad, por canales rectangulares o trapezoidales abiertos o cerrados (López, 2003). Para el caso del acueducto en estudio, se tiene tuberías cerradas, debido a la topografía del lugar, el agua se conduce por gravedad hacia los distintos puntos. Estas obras, de acuerdo con la norma, deben ser diseñadas para una vida útil igual al de la obra de captación (AyA, 2017).
- **Tratamiento de agua:** En la actualidad, ningún agua en su estado natural es apta para el consumo humano; además, siempre se requerirá un tratamiento mínimo de cloración con el fin de prevenir la contaminación con organismos patógenos durante la conducción del agua (López, 2003). Debido a los parámetros físico-químicos que posee el agua de la fuente de abastecimiento de la ASADA, esta únicamente requiere de cloración para cumplir con los parámetros establecidos en el decreto N° 38924. Reglamento para la calidad de agua potable en Costa Rica. Estas obras, de acuerdo con la norma, deben ser diseñadas para una vida útil de 20 a 25 años para crecimientos poblacionales menores al 3 % y de 15 a 20 años para un crecimiento mayor o igual a este (AyA, 2017).
- **Almacenamiento:** Dado que el caudal de captación no es siempre constante y que el caudal demandado por la comunidad tampoco lo es, es necesario almacenar agua en un tanque durante los períodos en los que la demanda es menor que el suministro y utilizarla en los períodos en que la comunidad demanda gran cantidad del líquido (López, 2003). En la ASADA de estudio se tiene cuatro tanques de almacenamiento, los cuales suplen

los caudales pico de la demanda, además, estos funcionan como tanques de retención que aumentan el tiempo de contacto del agua con el cloro, garantizando su efecto desinfectante. Estas obras, de acuerdo con la norma, deben ser diseñadas para un periodo de 25 años (AyA, 2017).

- **Red de distribución:** La distribución de agua a la comunidad puede hacerse desde la manera más simple que sería un suministro único por medio de una pileta de agua, hasta su forma más compleja por medio de una serie de tuberías o redes de distribución que llevan el agua a cada domicilio (López, 2003). La ASADA cuenta con una red de distribución, la cual lleva el agua hasta el domicilio de cada abonado, además, abastece los hidrantes de la comunidad. Estas obras, de acuerdo con la norma, deben ser diseñadas para un periodo de 20 años (AyA, 2017).
- **Criterios de diseño:** En Costa Rica, los acueductos se diseñan de acuerdo con la norma técnica del AyA. La comunidad de estudio se considera rural, por lo que a continuación se detalla criterios de diseño por tomar en cuenta para los análisis de oferta y demanda que se realizará posteriormente.
- **Proyecciones de la población y demanda:** Al diagnosticar un acueducto es necesario conocer el crecimiento poblacional para garantizar que no se supere su capacidad hídrica e hidráulica o, en otras palabras, la disponibilidad del servicio de agua, según las definiciones del (AyA, 2017). Para determinar este crecimiento, lo ideal es contar con censos poblacionales, en caso de no contar con estos, el AyA establece tanto el factor de hacinamiento como la dotación, dependiendo del tipo de población de estudio.

Para una población rural, el AyA recomienda asignar un factor de hacinamiento de 6 y un crecimiento anual del 3,5 % en poblaciones rurales y una dotación de agua de entre 150-250L/persona/día (AyA, 2017), sin embargo, siempre es recomendable establecer estos parámetros, de acuerdo con la información de los censos, ya que, al ser valores generalizados, estos pueden llevar a un sub o un sobredimensionamiento de obras futuras.

3.1.3. ASADAS

Las Asociaciones Administradores de Acueductos Comunales surgen de un acuerdo entre varios vecinos que, mediante sus conocimientos y actividades, cooperan para la administración, mantenimiento, operación y desarrollo de un acueducto comunal convirtiéndose en una organización privada prestataria de un servicio público y formalmente delegados por el AyA, según su Ley Constitutiva (AyA, 2019).

3.1.4. Sostenibilidad Técnica

AECID (2015) establece que la sostenibilidad técnica de los proyectos de agua se fundamenta en el mantenimiento físico, funcional y operativo correcto y confiable de la infraestructura, de manera que el recurso hídrico se encuentre disponible en condiciones aceptables de cantidad, calidad y continuidad para la población beneficiaria. Además, se indica que los elementos claves que aseguran esta sostenibilidad serán:

- Operación y mantenimiento.
- Gestión administrativa y financiera de los sistemas.
- Provisiones de materiales.
- Costes del sistema.

Estos elementos se abordan transversalmente a lo largo de la realización de las actividades del proyecto, principalmente en la aplicación de la herramienta GIRA. Cabe destacar que para brindar apoyo en el desarrollo de cada uno de estos elementos clave, es necesario el acercamiento de los desarrolladores del proyecto con los líderes comunales, ya que son quienes poseen el mayor conocimiento sobre los elementos de interés para este estudio.

3.1.5. Balance Hídrico de Acueductos

Según el AyA (2019), el balance hídrico de un acueducto corresponde a la comparación de la producción de las fuentes de abastecimiento (oferta hídrica) contra la demanda de la población (demanda hídrica). Esta institución cuenta con la herramienta “Calculadora de Balances Hídricos para ASADAS”, la cual es empleada para la realización de dichos balances y plantea tres resultados probables:

- **Balance positivo:** implica que existe suficiente oferta hídrica por parte de las fuentes de abastecimiento para satisfacer la demanda actual y futura.
- **Balance cercano a cero:** las fuentes de abastecimiento poseen capacidad hídrica para satisfacer la demanda actual, sin embargo, es insuficiente para adquirir nuevos abonados.
- **Balance negativo:** las fuentes de abastecimiento son insuficientes para suplir la demanda requerida.

3.1.5.1. Agua No Contabilizada (ANC)

Según Bueno et al. (p. 86, 2020) el agua no contabilizada corresponde a un indicador que representa el porcentaje de pérdidas de agua y releja la eficiencia con que opera un sistema acueducto. La ecuación 3.1 describe el cálculo de este índice, el cual es parte de los productos del balance hídrico del acueducto.

Ecuación 3.1.

$$\text{Oferta hídrica (m}^3\text{)} - \text{Demanda hídrica poblacional (m}^3\text{)} = \text{Agua no contabilizada (m}^3\text{)}$$

3.1.6. Percepción social del servicio de agua potable

De acuerdo con Millán, et al. (2008), el estudio de percepción se refiere al análisis de las impresiones que adquiere un colectivo por medio de sus sentidos, específicamente para el presente proyecto, se enfoca en las impresiones ligadas al servicio de agua potable que se les brinda. Estas impresiones se recolectan de manera individual, aplicando instrumentos de recopilación de información, la cual se trata, posteriormente, para su análisis.

3.1.7. Seguridad del servicio de agua potable

Para asegurar la sostenibilidad del servicio de agua potable se debe realizar una evaluación, la cual no puede enfocarse únicamente en la parte físico-química y microbiológica, sino que debe tener un abordaje integral, tomando en cuenta variables como cantidad, continuidad, calidad, costos, cobertura y la cultura hídrica de la población abastecida, conocidas como las “6c” como menciona (Mora, et al., 2019) donde además hace énfasis en la relación que existe entre el acceso al agua y la salud de las personas.

Las personas con acceso a agua que cumplen con las “6c” poseen un menor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua como las que se mencionan en (López, 2003). Sin embargo, para realizar un análisis de este tipo es indispensable tomar en cuenta todos los componentes del servicio, la parte administrativa, técnica y beneficiaria.

La herramienta de GIRA desarrollada mediante el proyecto “Fortalecimiento de las capacidades de las ASADAS para enfrentar riesgos del Cambio Climático en comunidades con estrés hídrico en el Norte de Costa Rica”, permite evaluar la seguridad asociada a la disponibilidad del servicio de agua potable. Al aplicar esta herramienta se identifica riesgos en la ASADA, a nivel administrativo, operativo, sanitario y de infraestructura; los cuales derivan, posteriormente, en planes de acción correctivas y

preventivas para la reducción del riesgo en las ASADAS (AyA, 2019 & PNUD, 2019). Con base en esta herramienta, se define los siguientes conceptos clave:

- **Amenaza:** Corresponde al peligro latente de la ocurrencia de algún fenómeno, antropogénico o natural, que genera afectaciones y/o daños a nivel de infraestructura, operación de la ASADA e interrupción en el suministro de agua potable.
- **Vulnerabilidad:** Refiere la probabilidad del impacto en la ASADA debido a una amenaza, en función de sus ejes de fragilidad correspondientes a administrativa, sanitaria, operativa y de infraestructura. De igual manera, considera las capacidades de prevención, resistencia y recuperación respecto a los efectos de los impactos.
- **Riesgo:** Probabilidad de consecuencias ambientales, sociales y económicas generadas por la interacción entre la vulnerabilidad de los elementos y las amenazas.
- **Desastre:** Acontecimiento, espontáneo o continuo, que ocasiona alteraciones en la operación de la ASADA vulnerable, debido al impacto de una o varias amenazas determinadas.
- **Gestión del riesgo de ASADAS:** Análisis de amenazas y vulnerabilidades asociadas a la ASADA y su entorno, de manera que se desarrolle medidas de prevención, mitigación y reducción de las posibilidades de ocurrencia de un desastre, al igual que las medidas de preparación, atención y recuperación ante potenciales impactos. Esta puede ser correctiva (reduce el riesgo existente), preventiva (acciones orientadas a evitar que situaciones actuales generen futuros riesgos) o reactiva (respuesta ante los impactos de un desastre).
- **Medidas de mitigación:** Estas refieren el conjunto de acciones dedicadas a la reducción de la vulnerabilidad ante alguna situación con potenciales impactos negativos.

3.1.8. Análisis de brechas

Este analiza la diferencia entre un valor real y uno teórico, esta diferencia es lo que se conoce como “brecha”, permitiendo al investigador determinar su magnitud y tiene como objetivo plantear recomendaciones para reducirla, en caso de ser necesario, de acuerdo con los escenarios planteados.

3.2. Teoría y prácticas de referencia

La sostenibilidad de un servicio se refiere a la satisfacción de la demanda actual de manera que no se vea comprometida la futura, enfocando específicamente la parte técnica del servicio de agua potable brindado a una comunidad. Busca que el sistema de abastecimiento posea un buen rendimiento y capacidades instaladas que permitan cumplir con los objetivos (Díaz, 2017) los cuales, en Costa Rica, son regulados por el AyA y se hace referencia a ellos como “períodos de diseño” en la sección 3.1.2. Esta sección, además, expone los componentes técnicos que conforman el servicio.

El capítulo tres expuso los conceptos claves para el desarrollo de los posteriores capítulos, además, evidenció que el servicio de agua potable es indispensable para el desarrollo de la población, así como la existencia de una tendencia hacia el enfoque meramente técnico, que excluye la percepción de los usuarios respecto al servicio brindado. Cabe destacar la mención de la importancia de realizar análisis como el de brechas o el de riesgos (asociado a cada componente del servicio), con el fin de garantizar la seguridad hídrica y la sostenibilidad del servicio.

CAPÍTULO IV. PREFACTIBILIDAD DEL PROYECTO

La sección de prefactibilidad procederá a mencionar los aspectos relevantes desde las diferentes clasificaciones, según la metodología propuesta por Sapag et al. (2014). Esta cuenta con nueve clasificaciones, de las cuales se seleccionó: legal, social, ambiental, económica-financiera y técnica, debido a la naturaleza del proyecto. La figura 4.1 expone las clasificaciones referidas.



Figura 4.1. Prefactibilidades del proyecto adaptado de Sapag (2014)

Fuente: Elaboración propia, 2021

4.1. Prefactibilidad Legal

El marco regulatorio que rige el proyecto se presenta mediante la tabla 4.1. Esta refiere el orden jerárquico jurídico de Costa Rica respecto a las temáticas de prestación, sostenibilidad y calidad del servicio de agua potable por parte de las ASADAS, con el fin de verificar la viabilidad legal del proyecto.

Tabla 4.1. Marco de referencia legal aplicable al proyecto

Marco Legal	Descripción y relación con el proyecto
Constitución Política de Costa Rica	La reforma al artículo 50 establece el derecho humano de acceso al agua potable, priorizando el consumo de las personas sobre cualquier uso, además del derecho a un ambiente sano. Esto se alinea con el estudio, ya que se fundamenta la generación de insumos base para la optimización y mantenimiento del servicio de agua potable para la comunidad de La Garita, de manera que la población cuente con agua en cantidad y calidad suficiente para sustentar una buena calidad de vida.
Ley Orgánica del Ambiente N°7554	Sus artículos 50 y 52 inciso d refieren que el uso sostenible del agua es de interés social en la operación y administración de los sistemas de agua potable, lo cual corresponde a la temática central del proyecto propuesto.
Ley Constitutiva del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados N°2726	El artículo 2 inciso g indica que el AyA tiene la potestad de delegar el proceso asociado a la prestación del servicio de agua potable a ASADAS de manera que todas las necesidades de las poblaciones de interés sean satisfechas; esto implica un servicio sostenible al requerir ser permanente en cantidad y calidad suficiente.
Ley General de la Salud N°5395	Su artículo 267 especifica que todos los sistemas de abastecimiento deben suministrar agua potable con un servicio caracterizado por ser continuo, en cantidad suficiente y con la presión requerida. Esto es indicativo del proyecto al proponer objetivos orientados hacia el diagnóstico de la calidad del servicio de agua potable.
Decreto Ejecutivo N°41944-MP-MAG	Se declaró la emergencia hídrica nacional, que incluye la zona de estudio, y su afectación directa en la reducción del servicio de agua potable de las localidades vulnerables, por lo tanto, se justifica la realización del proyecto al tener el fin de estudiar la sostenibilidad técnica de dicho servicio.
Reforma al Reglamento de Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales N°37169	El artículo 5 inciso 1 establece que la elaboración de los estudios requeridos para proyectos de mejoría del sistema de acueducto, podrán ser realizados por la ASADA en conjunto con un profesional técnicamente capacitado e incorporado al CFIA, por lo tanto, existe precedente para el desarrollo de la propuesta de proyecto por parte de los ingenieros hidrológicos.
Modificación al Artículo 7 de la Resolución N°2373-2016-SETENA. Resolución N°1462-2018-SETENA.	Define las actividades, obras o proyectos de muy bajo impacto ambiental, que no requieren la realización de la Evaluación de Impacto Ambiental de la SETENA, en la cual se encuentra implícita la propuesta del proyecto.
Código de Ética Profesional del CFIA	El artículo 5 indica que los ingenieros deberán procurar el uso adecuado de los recursos naturales (recurso hídrico para el presente proyecto), evitando su desperdicio o uso abusivo, y que se elaborarán los estudios técnicos requeridos para garantizarlo.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Según el marco jurídico expuesto, el proyecto posee viabilidad legal para su realización.

4.2. Prefactibilidad Social

La determinación de la percepción social respecto al proyecto es un componente esencial para proceder con el desarrollo de este, al conocer la posición de los actores claves y evitar el desarrollo de conflictos sociales derivados de la exclusión de consulta. Con el fin de determinar la prefactibilidad social del proyecto, se procedió a identificar los actores sociales claves por considerar en consulta, respecto al proyecto, estos se exponen mediante la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Actores sociales clave para la determinación de la percepción social

Grupos de actores claves	Cantidad de personas que representan
Junta Directiva de la ASADA La Garita	7
Abonados de la ASADA (excluyendo miembros de la Junta Directiva)	320
Oficina Regional de Acueductos Rurales del AYA, Responsable Sector La Cruz	1
Universidad Nacional	1

Fuente: Elaboración propia, 2021

Una vez identificados los grupos de interés, se aplicó dos tipos de mecanismos de consulta. El primero correspondió a una encuesta cualitativa a una porción representativa de los abonados, equivalente a 75 de los 320; en cumplimiento con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 10 % de la población de interés. Dicha encuesta definió su apoyo o rechazo hacia el proyecto, tras la correcta explicación y respuesta de dudas, para la cual se determinó un 100 % de apoyo.

La segunda correspondió a reuniones, tanto presenciales como virtuales, con los restantes grupos de actores claves, en los cuales se plasmó su posición respecto al proyecto mediante dos minutas de reunión oficiales que exponen su apoyo total hacia el proyecto (Anexo 3).

Así mismo, respecto a los ingenieros desarrolladores del proyecto, la propuesta es acorde con los principios de ética profesional establecidos mediante el Código de Ética Profesional del CFIA (Tabla 4.1), al ser originada en la orientación hacia un servicio sostenible de agua potable, partiendo de un uso adecuado del recurso hídrico.

Considerando la posición de los actores y los desarrolladores del estudio, el proyecto posee viabilidad social para su realización.

4.3. Prefactibilidad Ambiental

El estudio ambiental se fundamenta en la “Resolución N° 1462-2018-SETENA”, la cual define los proyectos clasificados como de muy bajo impacto ambiental potencial, como aquellos que implican la no destrucción o alteración negativa significativa del medio ambiente. El artículo cinco de esta resolución engloba de manera implícita los estudios técnicos como el propuesto, ya que no requieren de intervención humana que altere el medio ambiente para su realización; además que la orientación de la propuesta es hacia la optimización técnica del servicio existente.

De igual manera, destaca la alineación de los objetivos del proyecto con el marco de referencia legal (Tabla 4.1), en pro de la mejora de la calidad de vida de las personas y la promoción de la seguridad hídrica, lo cual expone las implicaciones socioambientales positivas relacionadas con el proyecto.

En función de lo anterior, el proyecto no requiere de la viabilidad-licencia ambiental de la SETENA, al clasificarse como actividad de muy bajo impacto ambiental potencial, y se concluye que es factible ambientalmente.

4.4. Prefactibilidad Económica-Financiera

El estudio económico-financiero tiene por objetivo cuantificar el monto de inversión total que requiere el proyecto (Cardoso, 2019) y conocer las potenciales implicaciones financieras de las actividades por ejecutar para la toma de decisiones (Sánchez, 2015). Esto es esencial, ya que conocer el costo de generación de los resultados esperados ofrece el indicador de viabilidad respecto a los beneficios a obtener mediante el proyecto.

Respecto a la propuesta, la mayoría de los resultados son de carácter intangible al contemplar la generación de información clave, mediante el balance hídrico de acueductos y el análisis de brechas, sin embargo, también existe el resultado tangible correspondiente al plan GIRA y el instrumento divulgativo de los principales hallazgos del estudio.

4.4.1. Prefactibilidad Financiera

Los costos corresponden al valor sacrificado de manera que se obtenga bienes y servicios, estos pueden dividirse entre los costos directos e indirectos. Los primeros refieren el costo de los insumos del proyecto, mientras que los costos indirectos corresponden a los cambios asociados en los consumos de bienes y servicios durante la ejecución del proyecto (Sapag et al., 2014).

La tabla 4.3 detalla el desglose de los costos directos e indirectos del estudio de sostenibilidad del servicio de agua potable en La Garita.

Tabla 4.3. Presupuesto global del proyecto

Categoría de Costo	Desglose	Valor Unitario (C)	Cantidad	Unidad de Referencia	Valor Total (C)	Observaciones
Directos	Datos	C 477 638,80	1	Datos	C 477 638,80	Costos asumidos por ASADA La Garita* e HIDROCEC.
	Equipo	C 1 900 000,00	1	Equipo de trabajo	C 1 900 000,00	
Indirectos	Ingeniería (2)	C 663 772,10	4	Mensual	C 5 310 176,80	Costos asumidos por desarrolladores del proyecto.
	Espacio de trabajo	C 776 644,29	1	Espacio de trabajo	C 776 644,29	
	Giras	C 31 466,54	8	Gira	C 251 732,32	
Otros	Imprevistos	5 %	1	Porcentaje respecto al total	C 435 809,61	
TOTAL					C 9 152 001,82	

*Nota: Los datos provistos por la ASADA se asocian a prácticas mandatorias, según la legislación vigente por lo que no representan una inversión adicional. Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.4.2. Prefactibilidad Económica

El estudio es de inversión social, basado en la evaluación de un acueducto comunal gestionado por una ASADA, el cual tiene como objetivo arrojar resultados que servirán como información base para el desarrollo sostenible del servicio brindado. Este tipo de inversión en el ámbito social se basa en las premisas expuestas por Cohen & Franco (2000), donde se afirma que la política social no puede hacerse efectiva y los recursos no se pueden emplear de manera eficiente sin este tipo de estudios.

Además, de acuerdo con la metodología expuesta por Ortiz (2015), una manera de determinar la viabilidad financiera es creando escenarios donde se emplea el proyecto y donde no, y analizar los beneficios. Cohen & Franco (2000) afirman que una posible consecuencia de la falta de estos estudios es el catastrofismo, producto de la incertidumbre, además de la ineffectividad de la aplicación de la política social y la ineficiencia en el uso de los recursos transables y no transables.

El principal beneficio del proyecto será que la ASADA va a conocer con mayor detalle el estado actual de su servicio, e integrando insumos claves como la percepción social al diagnóstico técnico, para el aprovechamiento de recursos disponibles y el planteamiento de propuestas de mejora del servicio. Finalmente, partiendo del hecho de que los costos expuestos en la sección anterior son asumidos por los desarrolladores y que existe un beneficio social ligado a la ejecución del proyecto, se concluye que el proyecto es financieramente factible.

4.5. Prefactibilidad Técnica

Sapag et al. (2014), establece que el estudio técnico determina los equipos requeridos para la operación del proyecto, así como su inversión correspondiente, de manera que se genere el resultado esperado. Al aplicar esto al proyecto se generó la figura 4.2, la cual desglosa los componentes (insumos, equipos y otros) requeridos en función de los objetivos planteados del proyecto.

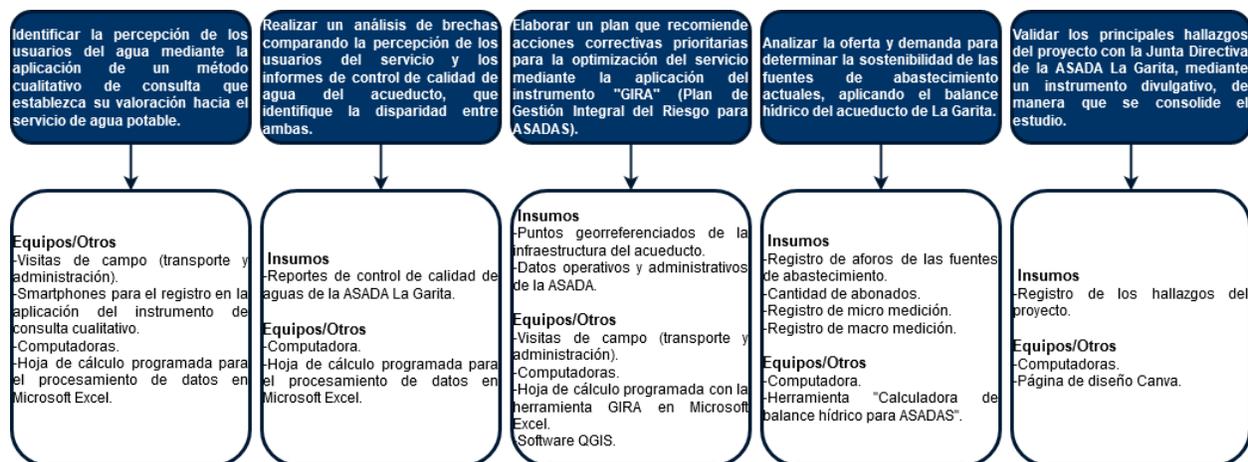


Figura 4.2. Componentes requeridos para la elaboración del proyecto
Fuente: Elaboración propia, 2021

Con el fin de sintetizar los componentes requeridos, la tabla 4.3 desglosa los insumos, equipos y otros requeridos para la totalidad del proyecto, en conjunto con su cuantificación.

Tabla 4.4. Componentes técnicos requeridos en el proyecto

Insumos	Cantidad
Registros de micromedición.	1
Registros de macromedición.	1
Registro de aforos de las fuentes de abastecimiento.	1
Puntos georreferenciados de la infraestructura del acueducto.	1
Puntos georreferenciados de la infraestructura del acueducto.	1
Datos operativos y administrativos de la ASADA.	1
Reportes de control de calidad del agua potable.	1
Registro de los hallazgos del proyecto	1
Equipos	
Computadora	2
Smartphone	2
Herramientas de procesamiento	
Calculadora de balance hídrico para ASADAS	1
Programa Microsoft Excel	1
Software QGIS	1
Otros	
Giras de campo (transporte y alimentación)	8
Página de diseño Canva	1

Fuente: Elaboración propia, 2021

4.5.1. Descripción de las herramientas de procesamiento

La presente subsección fue elaborada con el fin de definir y caracterizar las herramientas de procesamiento requeridas en el proyecto.

4.5.1.1. Calculadora de balance hídrico para ASADAS

Es una herramienta que facilita el cálculo del balance hídrico, la cual fue desarrollada como parte del proyecto “Fortalecimiento de acueductos comunales para enfrentar riesgos del cambio climático”, el cual, en Costa Rica, es liderado por el AyA (PNUD, 2019).

4.5.1.2. Microsoft Excel

Corresponde a un software de hojas de cálculo que permite el procesamiento y análisis de datos, así como sus distintas representaciones gráficas (Sánchez, 2015).

4.5.1.3. QGIS

Se define como un software libre de SIG, el cual permite recopilar, almacenar, procesar y analizar series de datos y generar variedad de productos derivados (Garay & Agüero, 2013).

4.5.2. Inversión técnica del proyecto

Sapag et al. (2014) establece que una parte fundamental del estudio técnico corresponde a la cuantificación del monto de inversiones que contemplen los costos de capital y costos de operación. Con el fin de aplicarse al proyecto propuesto, la Tabla 4.4 desglosa la inversión técnica del proyecto.

Tabla 4.5. Inversión técnica del proyecto

Desglose	Valor total (€)	Observaciones
Datos (micromedición, aforos, reportes operacionales, operativos y administrativos)	327 638,80	Costos asumidos por la ASADA La Garita.
Datos de puntos georreferenciados de la infraestructura del acueducto	150 000,00	Costos asumidos por HIDROCEC.
Proyecciones de crecimiento poblacional	-	Costos asumidos por el INEC.
Computadora (2)	1 100 000,00	Costos asumidos por los desarrolladores del proyecto.
Smartphone (2)	800 000,00	Costos asumidos por los desarrolladores del proyecto.
Calculadora de balance hídrico para ASADAS	-	Costos asumidos por AyA.
Microsoft Excel	-	-
QGIS	-	-
Giras de campo (transporte y alimentación)	251 732,32	Costos asumidos por los desarrolladores del proyecto.
Página de diseño Canva	-	
Honorarios profesionales (2 Ingenieros)	5 310 176,80	Costos asumidos por los desarrolladores del proyecto.
TOTAL	7 932 137,92	-

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En consideración de que se cuenta con todos los insumos requeridos para la elaboración del proyecto, y que el monto de inversión de este será asumido en su totalidad por los entes referidos, se concluye que el proyecto posee viabilidad técnica.

4.5.3. Localización del proyecto

La ubicación geoespacial del proyecto se expone mediante los abordajes de macro y microlocalización.

4.5.3.1. Macrolocalización

La macrolocalización corresponde a la cuenca de la Quebrada Arenosa en el distrito de La Garita, La Cruz, Guanacaste, y se demuestra mediante la Figura 4.3. Esta unidad territorial engloba todas las áreas de interés interrelacionadas con el servicio de agua potable del acueducto comunal.

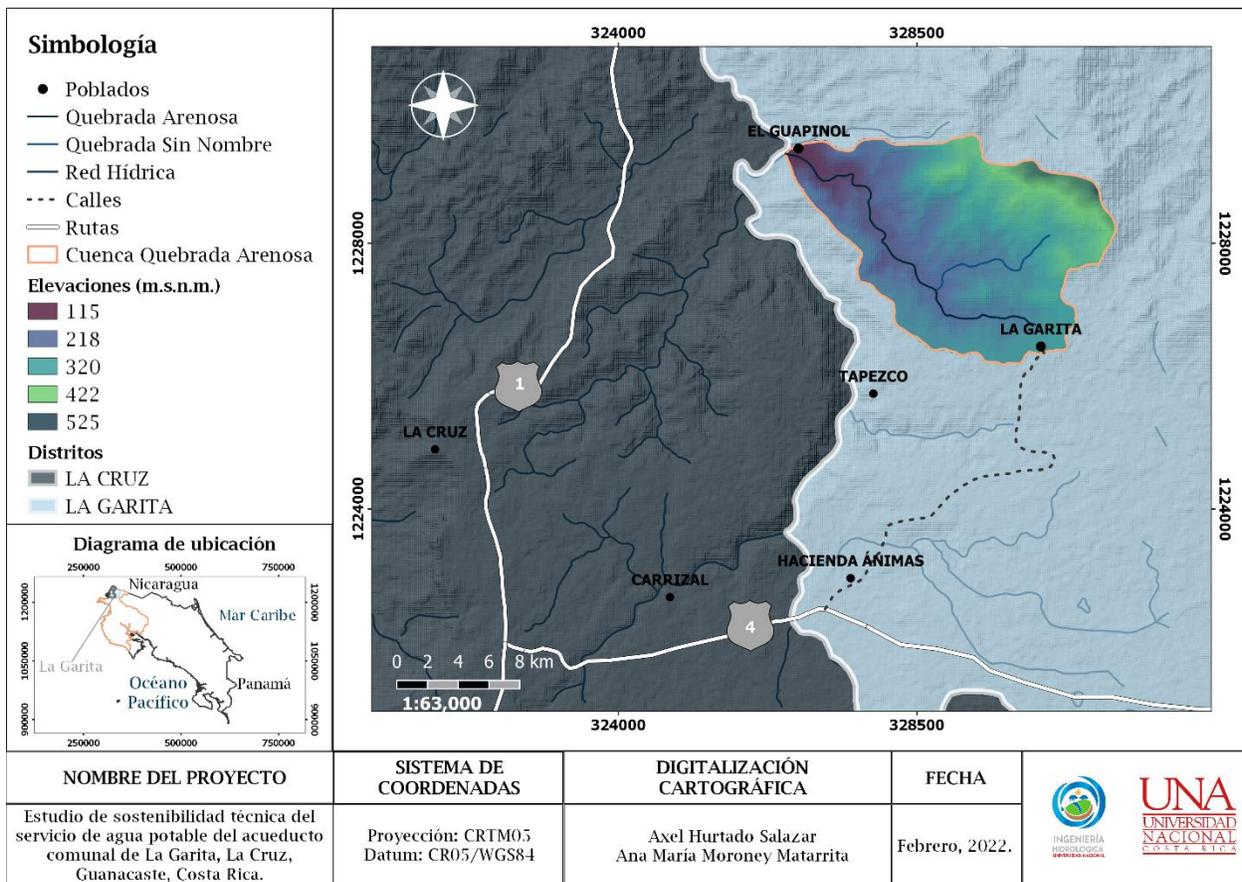


Figura 4.3. Macrolocalización del proyecto

Fuente: Elaboración propia, 2021

4.5.3.2. Microlocalización

El servicio de agua potable enfocado se compone de tres elementos determinados como la microlocalización del proyecto: el poblado de La Garita (abonados), la parte administrativa de la ASADA y el acueducto. La figura 4.4 expone los principales componentes de la red del acueducto, la oficina de la ASADA La Garita y la comunidad usuaria del servicio de agua potable.

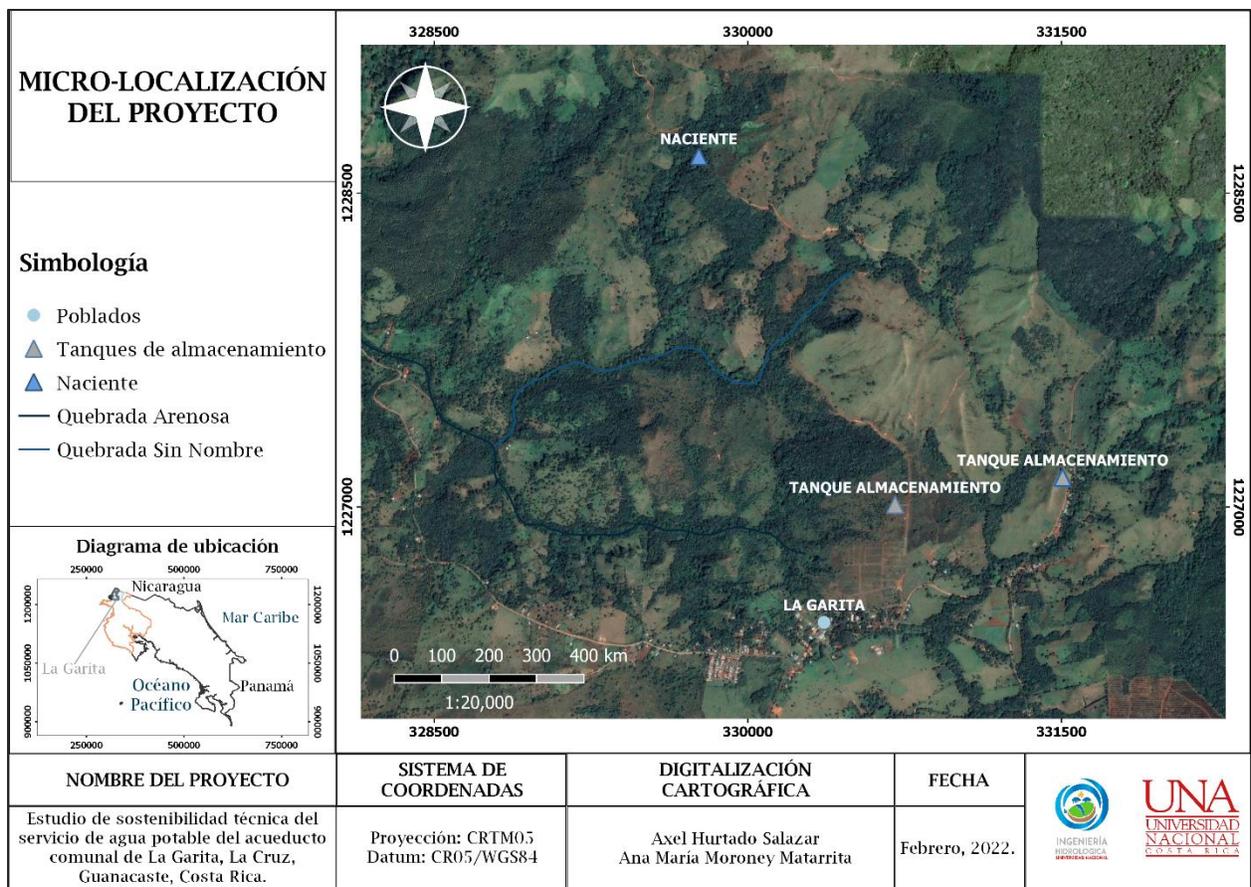


Figura 4.4. Micro localización del proyecto
Fuente: Elaboración propia, 2021

El capítulo demostró que el proyecto cuenta con viabilidad legal, ambiental, social, económica-financiera y técnica para su realización, por lo tanto, el proyecto continúa en su realización. En aras de lo expuesto, el capítulo cinco procederá a detallar la estrategia metodológica requerida para el cumplimiento de los objetivos planteados en el proyecto.

Al retomar lo mencionado en la conclusión del capítulo IV, el presente apartado procederá a desglosar y describir la estrategia metodológica definida para la realización del proyecto.

5.1. Descripción de la metodología

La naturaleza del proyecto corresponde a un alcance de investigación descriptiva, al caracterizar y analizar las diversas temáticas (Gestión del riesgo de la ASADA - percepción social del servicio - balance hídrico del acueducto) relacionadas con la sostenibilidad técnica del servicio de agua potable del acueducto La Garita.

En lo referente al abordaje de la investigación, se plantea un enfoque mixto, tomando como base las ventajas indicadas por Hernández, Fernández y Baptiste (2014, p.537):

- Perspectiva de mayor amplitud: al considerar información diversa (tanto cuantitativa como cualitativa) permiten explorar y evidenciar desde un enfoque más integral, el problema de estudio y contar con mayor seguridad y certeza respecto a las conclusiones científicas.
- Compensación: se obtiene mayor comprensión, en relación con la temática en estudio, ya que se contrarrestan las debilidades que podrían desarrollarse para cada método. De igual manera, se solidifica las fortalezas de cada uno.
- Generar productos de mayor profundidad: esto considerando que los datos base serán de mayor integralidad respecto a favorecer un único enfoque.

El estudio plantea el uso de dos tipos de información. La cuantitativa; traducida en los registros de datos de aforos, micromedidores de consumo, informes de calidad de agua y elaboración del balance hídrico. Así como la cualitativa, que es reflejada en insumos de percepción social, análisis de brechas y un instrumento divulgativo.

5.2. Métodos y herramientas

La elaboración del proyecto requiere del seguimiento cronológico de los pasos por detallar en las próximas subsecciones.

5.2.1. Recopilación de datos

La etapa inicial corresponderá a la recopilación de una serie de datos predeterminados como información base para la aplicación de los métodos de la herramienta GIRA, el balance hídrico de acueductos y el análisis de brechas. Estos datos son expuestos mediante la figura 5.1.

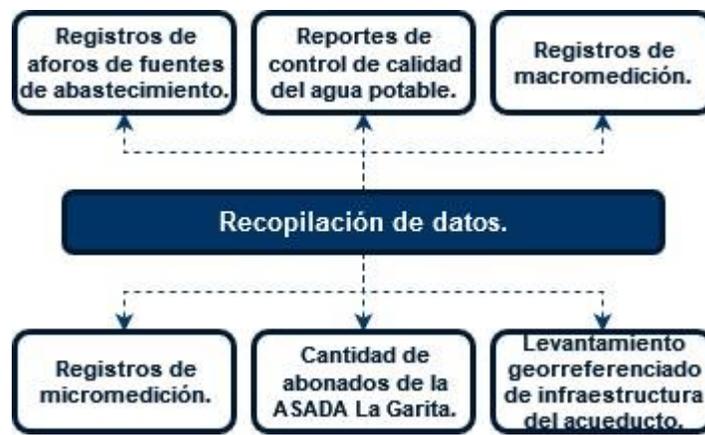


Figura 5.1. Datos base recopilados
Fuente: Elaboración propia, 2021

Una vez adquirida la información, se procede a iniciar con la implementación de la herramienta GIRA.

5.2.2. Percepción social

Los parámetros de calidad de agua para que esta sea considerada como potable están definidos, según el “Reglamento para la calidad de agua potable” (Decreto

Ejecutivo #38924), donde se establece los valores admisibles para parámetros como el olor y el sabor, los cuales, de acuerdo con el decreto deben ser “aceptables”, lo cual es una valoración subjetiva. Esta valoración es realizada por el ente operador del sistema de suministro de agua en las distintas partes del sistema. El servicio de agua potable que brinda la ASADA tiene como objetivo abastecer a la población de agua de calidad, por lo que, para garantizar esto se considera necesario estudiar su percepción del servicio.

Para este estudio se elaborará un instrumento de consulta (Anexo 6), cuya finalidad es conocer la percepción que tienen los abonados sobre el servicio de agua potable que ofrece la ASADA La Garita en términos de su calidad. La aplicación de este instrumento se realizará de manera presencial por parte de los desarrolladores del proyecto, considerando las medidas necesarias, según el contexto de la COVID-19.

Esto evitará la exclusión de las personas que no manejan tecnologías de comunicación, ya que se toma en cuenta que la población no está muy desarrollada en este ámbito, de acuerdo con lo observado en giras de campo y comunicación personal con miembros de la junta de la ASADA.

Otro aspecto positivo que destacar del método de encuesta es que al ser los desarrolladores del proyecto los que apliquen el instrumento, permite que, en caso de que las personas expongan ciertas inquietudes, propuestas y observaciones sobre el servicio, sea posible la comunicación de estas a la Junta Directiva de la ASADA, generando hallazgos importantes que pueden llevar a una mejora en el servicio.

El instrumento de consulta se plantea en función de dos categorías que consideran la legislación hídrica vigente, además de una tercera que busca conocer el juicio de los usuarios respecto a una serie de posibles acciones para mejorar el servicio. Estas categorías se exponen mediante la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Datos de interés de la encuesta, según tres categorías

Categoría	Detalle
Propiedades organolépticas.	Características de olor, sabor, color, presencia de sólidos o agente externo.
Opinión sobre el servicio actual.	Percepción de los usuarios respecto a continuidad, nivel de presión y calidad general del servicio de agua potable.
Recomendación de mejora al servicio.	Juicio de los usuarios, en relación con oportunidades de mejora del servicio actual.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Una vez obtenidos los datos, estos serán procesados con ayuda del software Microsoft Excel para su posterior análisis.

5.2.3. Análisis de brechas

Con el fin de analizar la información obtenida de la aplicación del instrumento de consulta, se realizará un análisis de brechas respecto a los informes de los análisis físicos-químicos- biológicos gestionados por la ASADA y elaborados por un laboratorio certificado. Este análisis consistirá en la comparación de los resultados obtenidos del análisis técnico realizado por el operador del sistema al agua del acueducto (referido como “percepción de las autoridades”) y los arrojados por el instrumento de consulta (referido como “percepción social/comunal”).

Para definir la percepción de las autoridades se tomará en cuenta el cumplimiento de los valores permitidos para los parámetros establecidos en el “Reglamento para la calidad de agua potable” (Decreto Ejecutivo #38924); en caso de cumplir con estos, se asumirá que las autoridades califican el servicio como “aceptable”. El proceso se realizará únicamente, si la ASADA cumple con los valores estipulados en el reglamento

mencionado. Una vez que esto sea verificado, la percepción del servicio por parte de las autoridades se considerará como “aceptable” en un 100 %.

Retomando, el término “brecha”, se refiere la diferencia entre el valor real y el valor deseado o, para efectos de este proyecto, la diferencia entre la calidad del servicio según la percepción de las autoridades y la percepción de los usuarios del servicio. Para realizarlo se siguen los pasos propuestos por Chaves et al. (2018), los cuales se detalla en la figura 5.2.

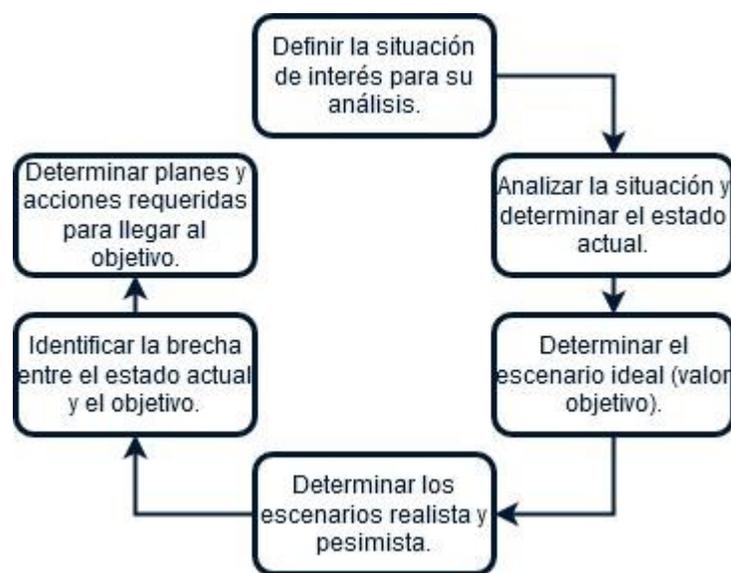


Figura 5.2. Diagrama del proceso de aplicación del análisis de brechas
Fuente: Elaboración propia, 2021

En función de lo anterior, se plantea tres escenarios fundamentados en el criterio profesional de los autores del proyecto, que ayudarán a clasificar la brecha basándose en la metodología propuesta por Vargas & Ugalde (s.f.) y la secuencia de Chaves et al. (2018).

- **Escenario realista:** la brecha es menor a un 20 %.
- **Escenario pesimista:** la brecha es mayor o igual a un 20 %.
- **Escenario ideal:** la brecha es equivalente a cero.

Tabla 5.2. Clasificación de escenarios para el análisis de brechas según criterio profesional

Brecha	Escenario
Igual a 0 %	Ideal
Menor a 20 %	Realista
Mayor a 20 %	Pesimista
Valor actual cuantificado	Actual

Fuente: Elaboración propia, 2021

Finalmente, se realizará un análisis de los resultados en busca de oportunidades de mejora, con el fin de aproximarse al valor ideal.

5.2.4. Herramienta GIRA

El procedimiento que describe la aplicación de la herramienta GIRA en la ASADA La Garita se describe mediante las figuras 5.3 -5.8, tomando como base lo establecido en la Guía de Trabajo para ASADAS (PNUD, 2019). Cabe destacar que la aplicación de esta herramienta contempla las visitas de campo necesarias para completar el plan GIRA, con la finalidad de realizar un proceso colaborativo de diagnóstico, análisis y propuestas de solución entre los desarrolladores del proyecto y los principales colaboradores de la ASADA.

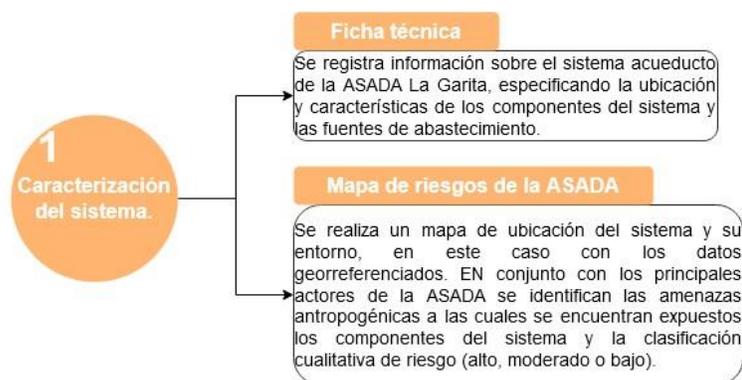


Figura 5.3. Paso 1 del GIRA

Fuente: Elaboración propia, 2021

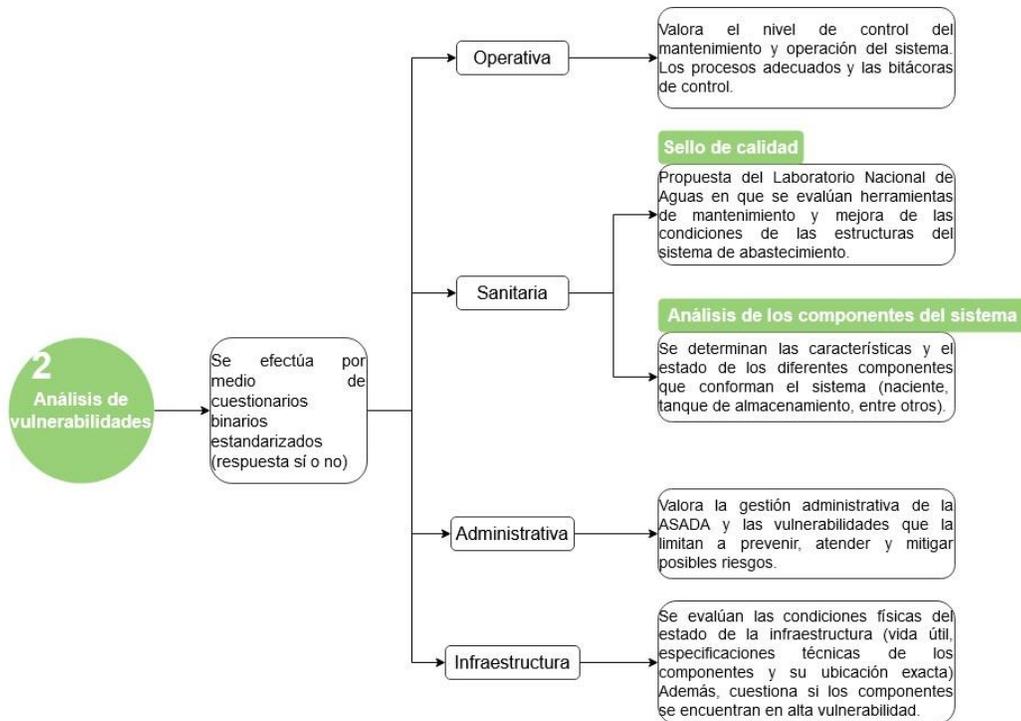


Figura 5.4. Paso 2 del GIRA
Fuente: Elaboración propia, 2021



Figura 5.5. Paso 3 del GIRA
Fuente: Elaboración propia, 2021

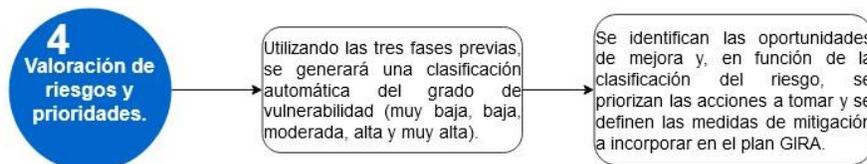


Figura 5.6. Paso 4 del GIRA
Fuente: Elaboración propia, 2021

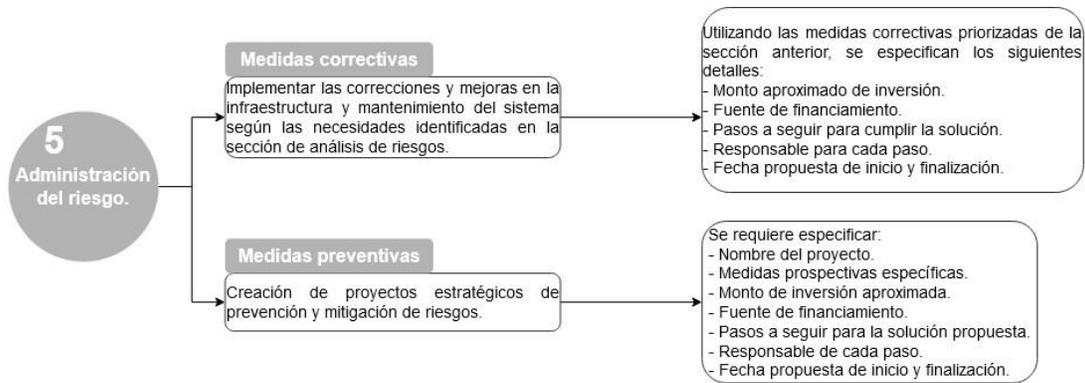


Figura 5.7. Paso 5 del GIRA
Fuente: Elaboración propia, 2021



Figura 5.8. Paso 6 del GIRA
Fuente: Elaboración propia, 2021

Tal y como es expuesto mediante el sexto paso, se generará el Plan de Gestión Integral de Riesgos de la ASADA, que corresponde al producto meta de esta sección.

5.2.5. Balance hídrico del acueducto La Garita

Para realizar este balance se utilizará la “Calculadora de balance hídrico para ASADAS” del AyA, ya que simplifica el proceso requerido para los cálculos. Esta herramienta utiliza como parámetros de ingreso los registros de aforo de las fuentes de abastecimiento, siendo estos considerados como entradas del sistema u oferta hídrica.

Por otra parte, los datos del registro de micromedición serán considerados como salidas del sistema o demanda hídrica de la población. La diferencia entre la macro y micromedición será considerada como pérdidas o agua no contabilizada (Ecuación 3.1.); y la suma entre el agua no contabilizada y la demanda hídrica de la población se considera como la demanda hídrica total del sistema.

Para el análisis de la sostenibilidad de las fuentes se utilizarán datos de proyección poblacional del INEC de manera que se estime la demanda hídrica en escenarios futuros, clasificándola en balance positivo, cercano a cero y negativo (ver sección 3.1.3). Esta información permitirá, preliminarmente, estimar la cantidad de servicios que la ASADA puede brindar, según la capacidad de las fuentes de abastecimiento. Lo anterior, con el fin de concluir si estas fuentes serán suficientes para abastecer a la población, o si es necesario considerar la inclusión de nuevas fuentes, así como la mejora en la eficiencia del sistema. La figura 5.9 desglosa, desde una perspectiva general, los insumos y productos derivados del balance hídrico.

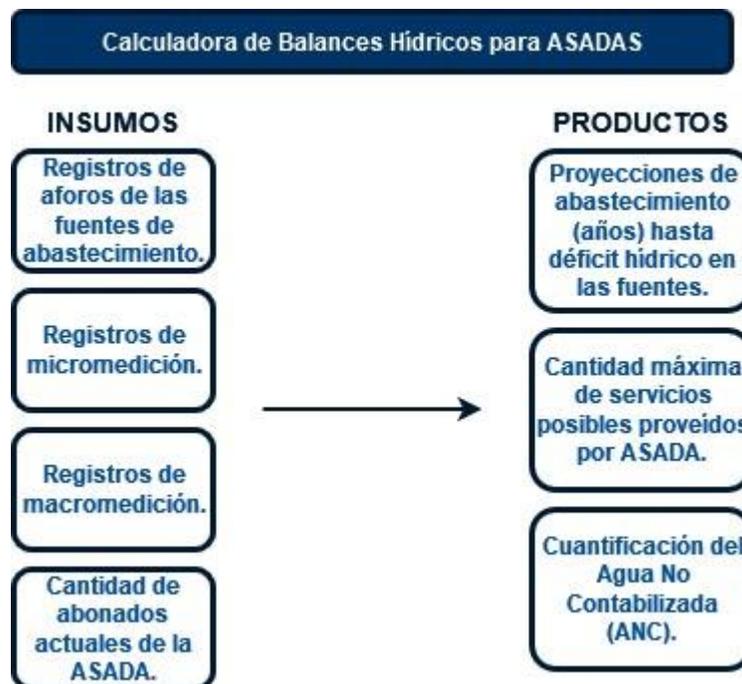


Figura 5.9. Esquema general de insumos y productos del balance hídrico
Fuente: Moroney & Hurtado, 2021

5.2.6. Validación de los principales hallazgos del proyecto

Para finalizar con el proyecto, se realizará un proceso de validación, en conjunto con los miembros de la Junta Directiva de la ASADA. Este se desglosa mediante la figura 5.10.



Figura 5.10. Proceso de validación del proyecto
Fuente: Elaboración propia, 2021

La primera fase consiste en priorizar los hallazgos del proyecto de mayor complejidad y relevancia, según el estado actual del servicio, de manera que derive en la síntesis de la información que será incluida en el instrumento divulgativo. Cabe destacar que se procurará que aquellos hallazgos seleccionados como prioritarios integren detalles de hallazgos secundarios, procurando que la información exponga en su totalidad los conocimientos adquiridos, así como las recomendaciones y propuestas planteadas.

En la segunda fase se elaborará el instrumento divulgativo tipo infografía mediante la página web de diseño Canva. Este proceso tendrá por objetivo plasmar la información de la fase I en un lenguaje accesible de manera que se faciliten los aspectos técnicos necesarios al lector del instrumento. Así mismo, se procurará aprovechar al máximo la incorporación de elementos visuales complementarios a la información escrita, con el fin de ser inclusivo con toda la población que potencialmente visualice la infografía.

La tercera fase consistirá en una gira de campo para la exposición y explicación de la infografía hacia la Junta Directiva de la ASADA y sus principales colaboradores. Este será un espacio para evacuar las potenciales dudas, discutir las ideas planteadas en la infografía y definir las recomendaciones y modificaciones finales necesarias.

Para la cuarta fase, se realiza los ajustes necesarios a la infografía, según lo discutido en la fase III. Una vez concluida, procede a ser impresa y entregada, tanto física como digital, a la ASADA, de manera que pueda exponerse en su oficina y ser socializada con todos los usuarios, a fin de que conozcan el estado del servicio y las propuestas de mejora.

5.3. Relación entre objetivos del estudio y metodología

La Figura 5.11 expone la relación, según los objetivos específicos del proyecto y las metas propuestas para cada caso.

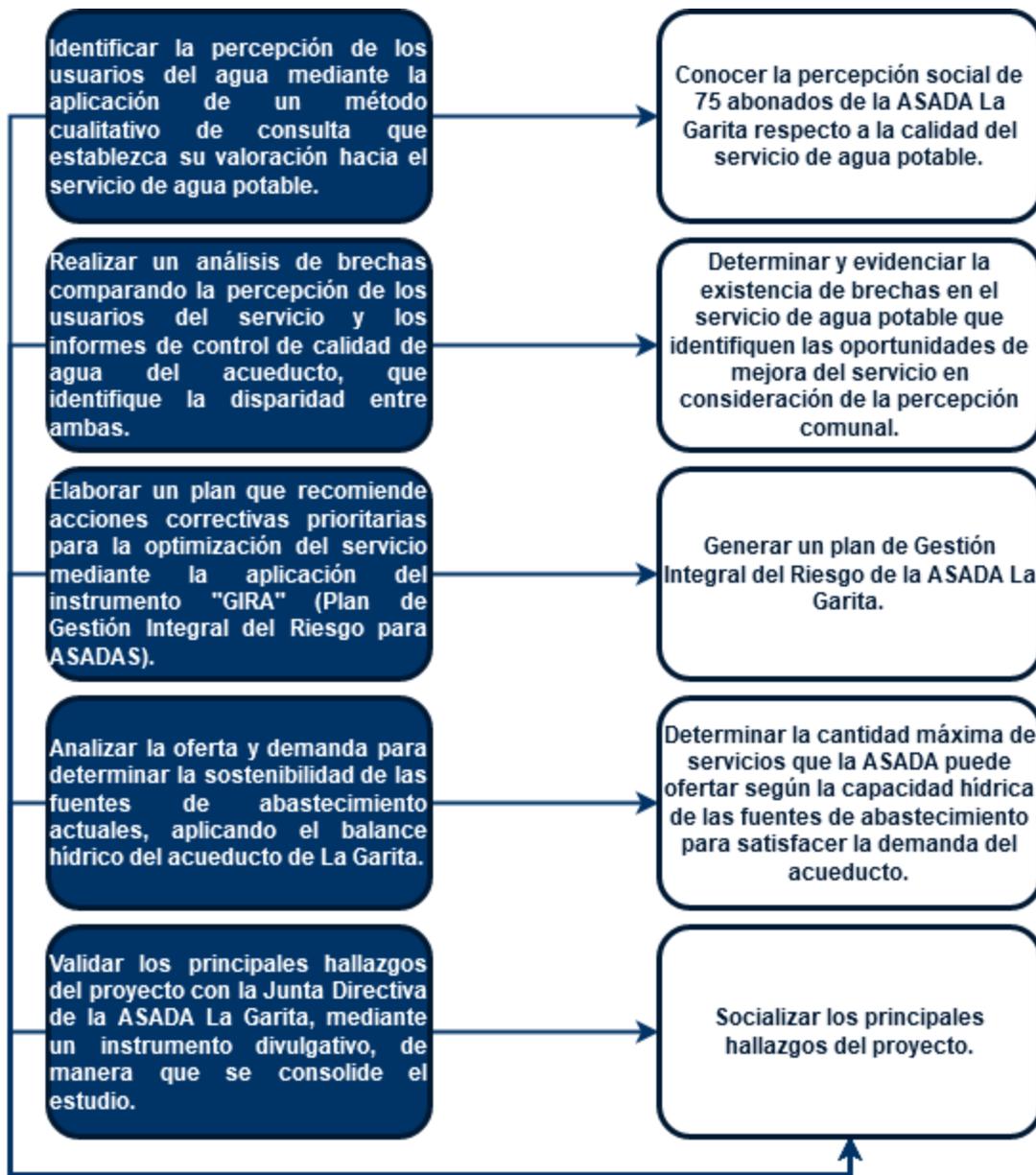


Figura 5.11. Diagrama de interrelaciones de objetivos con metas propuestas
Fuente: Elaboración propia, 2021

Con base en las metas definidas, se presenta una matriz que detalla el desglose de los componentes de la relación “objetivos del proyecto – metodología”.

Tabla 5.3. Relación entre objetivos del proyecto y la metodología

Objetivo	Método de obtención de datos	Tipo de dato esperado a obtener (Cualitativo, cuantitativo o mixto)	Población de estudio	Tipo de muestreo
Conocer la percepción de los usuarios con respecto al servicio de agua potable en la comunidad abastecida por la ASADA La Garita, aplicando un método cualitativo de consulta.	Encuesta respecto a parámetros de calidad del servicio de agua potable a abonados de la ASADA La Garita.	Cualitativo.	Abonados de la ASADA (327)	Muestreo probabilístico por conglomerados (75 abonados, con un nivel de confianza del 95 % y margen de error del 10 %)
Realizar un análisis de brechas entre la percepción de los usuarios y los informes de control de calidad de agua del acueducto comunal de La Garita.	1. Definir tres escenarios (ideal, optimista y pesimista). 2. Cuantificar la brecha entre el escenario ideal respecto al estado actual.	Cuantitativo.	Abonados de la ASADA (327)	Muestreo probabilístico por conglomerados (75 abonados, con un nivel de confianza del 95 % y margen de error del 10 %)
Elaborar un plan que recomiende acciones correctivas derivadas de la aplicación del instrumento "GIRA" (Plan de Gestión Integral del Riesgo para ASADAS) en la ASADA La Garita.	Aplicación del instrumento GIRA.	Mixto.	Junta Directiva (7 personas) y colaboradores de la ASADA (2 personas)	Muestreo no probabilístico intencionado aplicado a nueve personas.
Analizar la oferta y demanda para determinar la sostenibilidad de las fuentes de abastecimiento actuales aplicando el balance hídrico del acueducto comunal de La Garita.	1. Análisis de datos de caudal (oferta y demanda hídrica). 2. Uso de la Calculadora de Balances Hídricos para ASADAS.	Mixto.	Abonados de la ASADA (327)	No aplica (totalidad de la población).
Validar los principales hallazgos del proyecto con la Junta Directiva de la ASADA La Garita, mediante un instrumento divulgativo.	Elaboración y socialización de una infografía que desglose los principales hallazgos del proyecto.	Mixto.	Público en general.	No aplica.

Fuente: Elaboración propia, 2021

El primer objetivo requiere de un muestreo probabilístico por conglomerados, tomando como guía la encuesta realizada en la sección de prefactibilidad social, la cual se aplicó a 75 abonados de la ASADA, distribuidos en los distintos barrios del poblado La Garita. Esta muestra implicó un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 10 %, lo cual para el alcance del estudio se considera adecuado. El diseño de la encuesta

se realizó en función de diagnosticar, desde la perspectiva social, la calidad del servicio abordando los aspectos de mayor relevancia para el futuro planteamiento de propuestas de mejora.

El segundo objetivo implica un muestreo probabilístico por conglomerados con datos de tipo cuantitativo, ya que se definirá (en términos de porcentaje) la brecha entre los datos de percepción social y los reportes de calidad de agua, considerando el estado actual y el objetivo (ideal). El estado actual nos indica cuál es el escenario en el que estamos, según la clasificación propuesta por los autores (pesimista o realista), lo cual permite ubicar la brecha y con esto plantear propuestas de mejora, en pro de alcanzar el escenario ideal.

En relación con el tercer objetivo, se aplicará el instrumento GIRA, ya que existen antecedentes positivos respecto a su implementación en otras ASADAS de la zona. También, posibilita el acercamiento con los actores clave y gestores del servicio de agua potable y, además, se ajusta al tiempo disponible para la ejecución del proyecto. Con la aplicación del instrumento se obtendrá datos de tipo mixto requeridos para la elaboración del plan de gestión integral del riesgo de la ASADA La Garita.

Esto se desarrollará utilizando un muestreo probabilístico intencionado que considere a los gestores del servicio, ya que son quienes poseen el mayor conocimiento del sistema hidrológico en los niveles de evaluación requeridos para la ejecución de la herramienta GIRA.

Para el cuarto objetivo inicialmente se verifica la calidad de los datos de entrada con el fin de que sean representativos a nivel técnico para su uso en el balance. Posteriormente, se utilizará la herramienta “Calculadora de balances hídricos para ASADAS”, la cual se acopla a las metas del estudio al generar los productos requeridos (estimación de la máxima cantidad de servicios que puede proveer la ASADA, estimar el

tiempo restante previo al déficit hídrico de las fuentes de abastecimiento y cuantificar el ANC). Este objetivo contempla la totalidad de la población de abonados, ya que representan la demanda hídrica que debe suplir el acueducto (micro-medición), por lo tanto, no requiere un tipo de muestreo.

El quinto objetivo se exige de un tipo de muestreo, ya que corresponde a la entrega de la infografía, que contiene datos de tipo mixto y expone los principales hallazgos del proyecto.

El capítulo expuso los seis ejes metodológicos requeridos por el proyecto para el cumplimiento de sus objetivos. Considerando lo mencionado, el capítulo seis procederá a desglosar los resultados derivados de la aplicación de la metodología.

CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de la metodología generó diversos resultados, los cuales procederán a ser desglosados y sintetizados en el presente apartado.

6.1. Resultados del proyecto

La ejecución del proyecto consistió en cinco fases principales las cuales generaron los resultados requeridos.

6.1.1. Familiarización con la historia y realidad local del servicio de agua potable

Inicialmente, se realizó dos conversatorios presenciales con los principales actores clave (Anexo 6) en los cuales se conoció la historia del planteamiento, construcción y puesta en marcha del acueducto de La Garita. Se destacó el carácter empírico y el esfuerzo comunal requerido para la edificación de la infraestructura; consistiendo en largas jornadas de trabajo ad-honorem por parte de líderes comunales; de los cuales una porción continúa formando parte de la Junta Directiva actual.

Así mismo, este acercamiento permitió la sensibilización y comprensión por parte de los desarrolladores del proyecto respecto a la variedad de retos vividos durante la historia de consolidación de lo que actualmente es la ASADA La Garita y los retos asociados con la labor de gestionar y brindar el servicio de agua potable a la comunidad.

Según lo indicado por los actores clave, los principales retos vividos han sido:

- Resistencia inicial por parte de algunos sectores comunales a aceptar la micro medición y el pago por el servicio de agua potable.
- Reclamos a los miembros de la Junta Directiva, debido al pago del servicio de agua potable.
- Financiamiento, para la compra inicial de los materiales requeridos para edificar el acueducto.

- El subsanar fallos técnicos al inicio de la puesta en marcha del acueducto, debido a la falta de acompañamiento técnico en su planificación.

Actualmente, estos retos han sido superados y se realiza un proceso de mayor formalidad en cuanto a la gestión del servicio, sin embargo, se detalla algunas necesidades actuales, tales como:

- Legalización del pozo perforado para su implementación como fuente de abastecimiento.
- Compra de terreno para la integración de nacientes adicionales al sistema acueducto.
- Participación comunal joven en la Junta Directiva de la ASADA.
- Mantenimiento de la infraestructura actual del acueducto.
- Ampliación de la red de cobertura del acueducto para integrar proyectos cercanos (vivienda, agricultura), fuera del centro de La Garita.

Con el fin de que esta realidad se tornara más tangible para los autores del proyecto, se coordinó una visita de campo hacia las zonas de captación del acueducto, la cual se realizó en compañía del profesional de fontanería y miembros fundadores del acueducto (Anexo 1).

Durante esta actividad, se apreció de primera mano los productos del gran esfuerzo comunal traducidos en infraestructura funcional y robusta (Anexo 2). Además, se identificó que la ASADA contaba con un macro-medidor nuevo, pero que no había sido instalado, debido al desconocimiento de su utilidad, por lo cual los desarrolladores del proyecto explicaron la importancia de cuantificar, el agua total proveniente de las fuentes de abastecimiento.

Lo anterior con el fin de determinar el agua no contabilizada y conocer la eficiencia en el aprovechamiento del recurso hídrico disponible, así como las oportunidades de mejora del acueducto, mediante el registro de este dato. Una vez obtenida esta noción

representativa de la realidad local del servicio de agua potable comunal, los autores procedieron a la siguiente fase del proyecto.

6.1.2. Recopilación y revisión de datos y herramientas

En consideración del diseño metodológico del proyecto, se procedió a realizar el proceso de recopilación y revisión de los datos requeridos para la implementación de las herramientas seleccionadas. Esto requirió de diversas solicitudes a la ASADA La Garita y una reunión con la Oficina Regional de Acueductos Rurales (ORAC), lo cual permitió obtener los datos y herramientas expuestos en la tabla 6.1.

Tabla 6.1. Datos y herramientas recopiladas

ASADA La Garita	ORAC
-Micro medición.	
-Cantidad de abonados.	-Herramienta GIRA.
-Macromedición*.	-Herramienta de balance hídrico de acueductos del AyA.
-Último informe de calidad de agua.	
-Registro de aforos de las nacientes.	

Nota: Este dato se cuantificó a partir de la recomendación de los autores del proyecto de instalar el macro medidor*

Fuente: Elaboración propia, 2021

En relación con los datos proveídos por la ASADA, se realizó la revisión del informe de calidad de agua, con el fin de verificar que la totalidad de los parámetros analizados cumplieran con lo establecido, según el “Reglamento para la calidad del agua potable” N°38924-S. Así mismo, en cuanto a los datos de aforos, se realizó una revisión de que fueran consistentes, y se identificó el método volumétrico como aquel utilizado para la realización de los aforos mensuales periódicos en las nacientes.

Respecto a los instrumentos proveídos por la ORAC, se realizó un estudio en cuanto al documento base de la herramienta GIRA para la comprensión de cada paso a ejecutar y la planificación de las sesiones de participación comunal con los actores clave. En relación con la herramienta del balance hídrico, se estudió los datos automatizados de manera que se verificó su coincidencia con los documentos oficiales para dotaciones, servicios equivalentes, factores de conversión de los caudales (estos según el manual

de diseño técnico del AyA (2017) y proyecciones de crecimiento poblacional (obtenidos de los datos del último censo nacional del INEC (2011).

Ambos estudios previos permitieron confirmar que tanto los datos como los instrumentos eran adecuados para su uso en el estudio, por lo tanto, se procedió con la tercera fase.

6.1.3. Planteamiento y aplicación de las encuestas de percepción social

La elaboración de la encuesta de percepción social tomó como base algunos parámetros organolépticos derivados de los análisis de calidad de agua y, adicionalmente, se incluyó aspectos propiamente de percepción del servicio y oportunidades de mejora de este. La encuesta completa se muestra en la sección Anexos (Anexo 6).

Esta encuesta fue aplicada de manera presencial a un total de 106 abonados en la comunidad de La Garita, superando la muestra propuesta de 75 lo cual aumenta la representatividad de los datos (reducción del margen de error del 10 % al 8 %) al abarcar mayor porción de la población de interés (327 abonados). Dicha aplicación requirió de dos días de trabajo en campo, y generó los insumos requeridos para el análisis de brechas, así como hallazgos en cuanto a la calidad del servicio los cuales procederá a ser explicados y discutidos en las secciones 6.2 y 6.3.

Así mismo, el conocimiento previo de la perspectiva de los abonados en cuanto al servicio de agua potable permitió contar con un escenario base complementario para la siguiente fase correspondiente al proceso de participación comunal con los actores clave para el diagnóstico de la herramienta GIRA.

6.1.4. Proceso de participación comunal con los actores clave

Los diagnósticos requeridos por la herramienta GIRA se basan en un proceso de participación comunal activo de los principales encargados de la gestión del servicio de agua potable en la ASADA (Junta Directiva y colaboradores), en este caso, los actores clave. La realización de estos diagnósticos implicó cuatro sesiones presenciales de trabajo conjunto (ver Anexo 7), en las cuales se recopiló y analizó toda la información y experiencias compartidas por parte de estos actores clave en torno al estado del servicio, las vulnerabilidades desde los distintos ejes evaluativos (sanitario, infraestructura, operacional y administrativo) y la preparación de la ASADA ante amenazas naturales y antrópicas.

Este proceso, además, permitió a los autores integrar a la mesa de diálogo aportes basados en criterio profesional al considerar los aspectos vulnerables tanto a nivel de infraestructura del acueducto, como a nivel del servicio de agua potable.

Una vez efectuados los diagnósticos, se procedió al planteamiento del plan de acciones correctivas el cual derivó de propuestas conjuntas entre los autores del proyecto y los actores clave. Dicho planteamiento, conllevó estudios de costos de inversión aproximada realizados previamente por parte de los desarrolladores del proyecto de manera que se les permitiera a los actores clave tomar decisiones, en función a su presupuesto y sus capacidades, que fueran factibles en cuanto a las medidas y responsabilidades a adoptar. Tanto los resultados de los diagnósticos, como el plan de acciones correctivas procederán a ser detallados en las secciones 6.2 y 6.3.

6.1.5. Validación del proyecto con los actores clave

La ejecución del proceso de validación requirió de una gira de campo a la oficina de la ASADA. En esta visita se expuso a los actores clave (Junta Directiva y principales colaboradores de la ASADA), los hallazgos del proyecto en conjunto con su análisis correspondiente. También, se realizó la presentación de la infografía elaborada como

instrumento divulgativo con el fin de promover la socialización del proyecto. Este proceso denotó algunos puntos destacables percibidos por los autores en el momento de la presentación de la infografía, tales como:

- Se obtuvo una recepción positiva por parte de todos los actores clave presentes respecto a los hallazgos presentados y la infografía, sin ninguna solicitud a la modificación de su contenido.
- En relación con las recomendaciones y propuestas de mejora planteadas, existió apertura para utilizar los insumos aportados por el proyecto como una línea base por incorporarse en el plan de trabajo de la ASADA.
- Los actores clave destacaron el proceso ameno de trabajo conjunto realizado durante la ejecución del proyecto, y se hizo énfasis en el agradecimiento por parte de la ASADA hacia los desarrolladores del estudio al mantener como prioridad principal la mejoría del servicio, en pro de la comunidad de La Garita. Así mismo, esto representó el logro de uno de los alcances planteados, en relación con el registro de un antecedente positivo que enlaza los aspectos técnicos y sociales.

El resultado asociado con el objetivo del proceso de validación del proyecto procederá a ser expuesto en la sección 6.2.5.

6.2. Resultados según objetivos del proyecto

A continuación, se detalla los resultados, según los objetivos específicos planteados.

6.2.1. Percepción social

De acuerdo con los resultados de la encuesta, los cuales se expone de manera gráfica en la figura 6.1, un 93,52 % correspondiente a la mayoría de los abonados de la

ASADA La Garita perciben el servicio de agua potable que reciben como “Aceptable”, mientras que únicamente un 6,48 % de estos lo consideran como “No aceptable”.

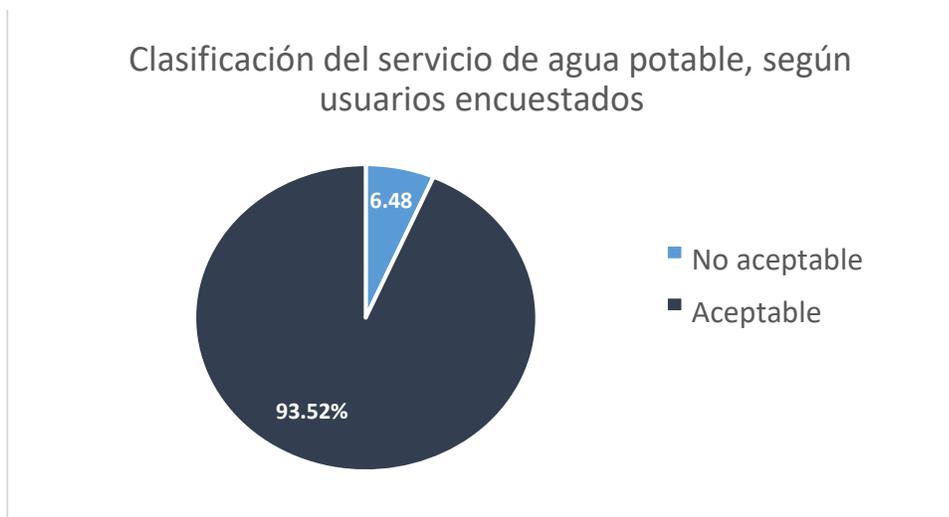


Figura 6.1. Clasificación del servicio de agua potable
Fuente: Elaboración propia, 2021

De igual manera, la encuesta permitió conocer el problema relacionado con la presencia de sedimentos y turbiedad que afecta la calidad del servicio de agua potable durante los períodos de lluvias intensas. La figura 6.2 expone el porcentaje de los encuestados que reportó afectación debido a estas situaciones.

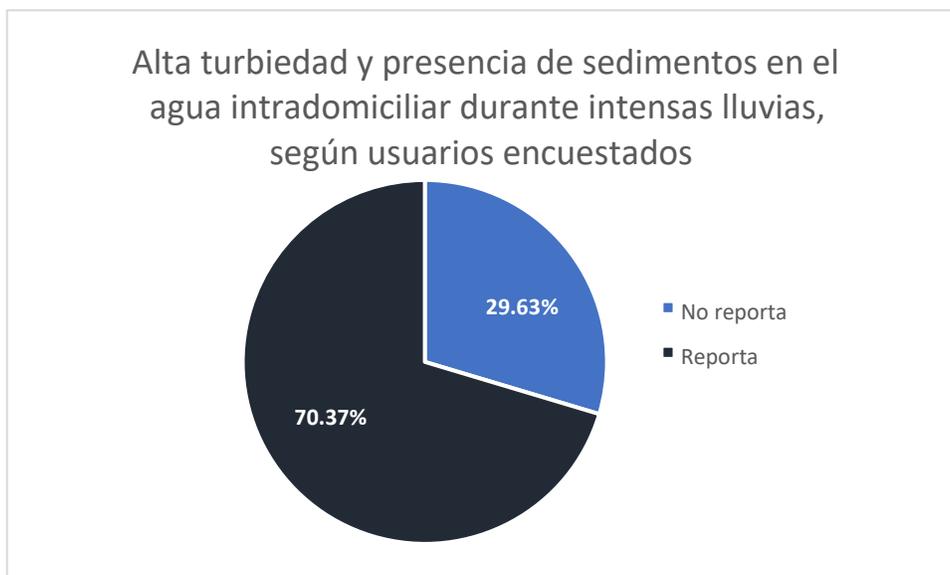


Figura 6.2. Identificación de turbiedad en el agua según encuestados
Fuente: Elaboración propia, 2021.

De acuerdo con el gráfico expuesto, la mayoría de los encuestados (el 70,37 %) reportaron haber lidiado con este problema, lo cual implica una afectación directa en sus hogares a nivel socioeconómico, al resultar que, en ocasiones, se deba optar por la compra de agua potable para abastecer sus necesidades, según la duración de las intensas lluvias. Lo anterior procede a detallarse en la sección 6.3.1 de la discusión de hallazgos del proyecto.

6.2.2. Análisis de brechas

El análisis de brechas consistió en realizar una comparación entre la percepción social y las autoridades, para estas últimas se utiliza como referencia los reportes de calidad de agua (Anexo 10), que deben realizarse de conformidad con el “Reglamento para la calidad del agua potable” N°38924-S. Con esto, se pretende determinar la existencia o no de una brecha entre ambas partes y, en caso de existir, cuantificarla.

Tabla 6.2. Cuantificación de la brecha entre la percepción social y el de las autoridades, respecto a la clasificación “aceptable” del servicio

Percepciones	Clasificación “aceptable”
Social/Comunal	93,52 %
Autoridades	100 %
Brecha	<u>6,48 %</u>

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la tabla 6.2 se expone la brecha existente entre la percepción social obtenida a partir de la encuesta y el análisis de los reportes operacionales, la cual representa un valor del 6,5 %, por lo tanto, esta se ubica en el escenario denominado “Realista”. Los datos generados servirán como insumo para la toma de decisiones durante la aplicación del instrumento GIRA, así como la propuesta de acciones correctivas.

Así mismo, la brecha determinada refleja una satisfacción general respecto a calidad del servicio, según las categorías consultadas a los abonados. En relación con las propiedades organolépticas, todos los parámetros se clasificaron como adecuados, con excepción de la presencia de sedimentos durante los períodos de intensas lluvias, siendo esta la principal causa de la brecha.

El aspecto de opinión del servicio actual identificó que opera de forma satisfactoria respecto a condiciones de continuidad y presión. Finalmente, la categoría denominada “recomendación de mejoras al servicio” indicó que no existen mayores propuestas fuera de dar un adecuado mantenimiento a la infraestructura del acueducto.

6.2.3. Herramienta GIRA

La figura 6.3 presenta la cuantificación porcentual de las vulnerabilidades de la ASADA, según los ejes evaluados.

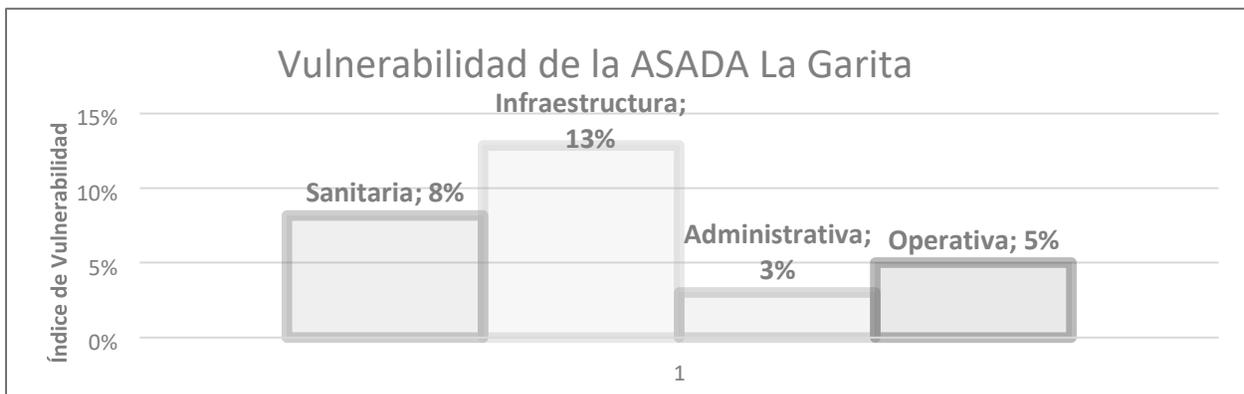


Figura 6.3. Vulnerabilidad de la ASADA La Garita
Fuente: Elaboración propia, 2021

Con el fin de sintetizar las oportunidades de mejora obtenidas del diagnóstico, se agruparon los ejes, de acuerdo con las medidas correctivas similares: Sanitaria-Infraestructura, Administrativa-Operativa. Véanse los resultados a continuación:

- Sanitaria-Infraestructura: Con base en el análisis realizado, se evidencia una oportunidad de mejora en los componentes infraestructurales y sanitarios que aportan un 21 % de la vulnerabilidad total asociada con la ASADA La Garita y que los convierte en los componentes más vulnerables.

Basándose en las recomendaciones generadas por el instrumento, el criterio profesional de los autores y la experiencia de los miembros de la ASADA La Garita, se elaboró un plan de mejora compuesto por medidas enfocadas a la corrección de los problemas específicos que fueron detectados. Estas medidas se enumeran a continuación, y serán discutidos con mayor profundidad en la subsección 6.3.2 de la sección 6.3 referente a la discusión de los principales hallazgos del proyecto.

1. Contar con válvulas ventosas o purgadores en los picos y cambios de pendiente del sistema.
 2. Emplear un sistema de filtrado que permita reducir los sedimentos presentes en el agua.
 3. Identificar posibles mejoras en la ubicación de los componentes, de manera que se disminuya la vulnerabilidad del sistema.
 4. Realizar el levantamiento de catastro de cada componente del sistema, especificando: ubicación, profundidad y especificaciones técnicas.
 5. Realizar un plan de sustitución de aquellos componentes que han cumplido su vida útil.
- Administrativa-Operativa: En relación con estos ejes, del 29 % de la vulnerabilidad total de la ASADA, un 8 % corresponde a los componentes administrativo (el 3 %) y operativo (el 5 %). Se evidenció la necesidad de realizar medidas correctivas para la puesta en marcha de un proceso de actualización organizacional en aspectos administrativos-operativos de la ASADA:
 1. Implementación de una bitácora por parte de la ASADA y profesional en fontanería.
 2. Coordinación de alianzas con ASADAS vecinas.

Los puntos mencionados procederán a ser discutidos con mayor profundidad en la sección 6.3.3 referente a la discusión de los principales hallazgos del proyecto. Así mismo, el plan que detalla y desglosa las acciones correctivas se expone en el capítulo de Anexos (Anexo 9).

El análisis de las amenazas priorizadas como mayor impacto realizado por los actores clave y los autores del proyecto permitió estimar, mediante el instrumento GIRA, el valor económico en función del nivel de afectación de cada amenaza. La tabla 6.3. desglosa las principales, y que se considera de mayor impacto potencial para la ASADA La Garita.

Tabla 6.3. Amenazas de mayor impacto en la ASADA La Garita

Amenaza	Nivel de exposición	Nivel de consecuencia	Valor impacto infraestructura	Valor impacto servicio	Valor impacto total
Agua contaminada	-	42 % Grave	€9 000 000	€350 000	€9 350 000
Sequía	Muy alta	27 % Grave	€30 750 000	-	€30 750 000
Deslizamiento	Baja	93 % Catastrófico	€60 000 000	€2 000 000	€62 000 000
Terremoto/Sismo	Alta	96 % Muy Alta	€70 000 000	€2 000 000	€72 000 000
Grado de preparación ante emergencias				Moderada, 40 %	

Fuente: Elaboración propia, 2021

Es importante mencionar la asociación existente entre la amenaza por “Agua contaminada”, que se expone en la tabla 6.3, con la vulnerabilidad sanitaria del sistema, ya que al realizar el análisis de amenazas se consideró los reportes de agua con alta turbiedad por parte de los usuarios, lo cual fue confirmado por los administradores de la ASADA. Este suceso fue referido como un evento que ocurre circunstancialmente, según la presencia de lluvias de gran intensidad; y se detallará en la sección 6.3.1.

La aplicación de la herramienta GIRA generó la cuantificación y clasificación de la vulnerabilidad de la ASADA La Garita, esta se expone mediante la tabla 6.4.

Tabla 6.4. Vulnerabilidad de la ASADA La Garita

ASADA	Vulnerabilidad	
La Garita de La Cruz, Guanacaste	Resultado Actual	29 %
	Categoría	Baja

Fuente: Elaboración propia, 2021

La ASADA presenta una vulnerabilidad baja, derivada de los cuatro ejes operacionales evaluados y el análisis de amenazas. Esto se considera positivo con miras a que las propuestas correctivas del plan mencionadas son de carácter puntual, según las oportunidades de mejora detectadas para cada eje.

6.2.4. Balance hídrico del acueducto

La tabla 6.5 expone los resultados de las proyecciones derivadas de la aplicación del balance hídrico de acueductos, según el método del peor mes, es decir, aquel que presenta la menor disponibilidad hídrica, según los registros de aforos de las fuentes de abastecimiento a nivel anual.

Tabla 6.5. Proyecciones del balance hídrico del acueducto La Garita, según método del peor mes

Año	Servicios	Demanda (L/s)	Producción (L/s)	Balance Hídrico (L/s)	Interpretación según herramienta balance hídrico del AyA.
2021	339	3,20	3,44	0,25	URGENTE: buscar nuevas fuentes.
2022	346	3,26		0,18	URGENTE: buscar nuevas fuentes.
2023	354	3,33		0,12	URGENTE: buscar nuevas fuentes.
2024	361	3,39		0,05	URGENTE: buscar nuevas fuentes.
2025	368	3,46		-0,02	Desabastecimiento y racionamiento del servicio.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Para el presente año, abril consistió en el mes que presentó la menor disponibilidad hídrica, según el registro de aforos de la ASADA, esto es consecuente con que corresponda al mes final de la época seca en la región Chorotega. Cabe destacar que el dato utilizado como “producción” por parte de las nacientes se mantiene constante, conforme se realiza las proyecciones, lo cual es una limitante de esta metodología, ya que excluye la incidencia de la variabilidad climática sobre la oferta hídrica futura; esto se detallará, posteriormente, en la sección 6.4.

Así mismo, según las proyecciones del balance, para el período 2021-2024, la ASADA debe realizar un proceso de identificación e incorporación de fuentes alternativas de abastecimiento para el sistema hidrológico, ya que para el 2025 se genera un desabastecimiento, producto del déficit hídrico de las fuentes actuales (nacientes).

Cabe destacar que durante el período proyectado (2021-2025), la ASADA no cuenta con las condiciones para brindar nuevas previstas de agua potable en la comunidad. Todo lo expuesto, procederá a discutirse con mayor profundidad en la sección 6.3.4 de la discusión de los principales hallazgos.

6.2.5. Validación del proyecto con los actores clave

Durante la validación del proyecto se obtuvo una recepción positiva del instrumento divulgativo, el cual se expone en el Anexo 8. Para esto fue necesario que los actores clave comprendieran y aceptaran los hallazgos plasmados, de manera que dicho instrumento permita:

- Considerar aspectos prioritarios del servicio al plantear nuevos proyectos.
- Socializar de manera transparente los hallazgos del proyecto previamente validados por la ASADA.

Los puntos referidos procederán a ser detallados en la sección 6.3.6.

6.3. Discusión de los principales hallazgos del proyecto

En esta sección, se detallará y discutirá, mediante subsecciones, los principales hallazgos referidos en la sección de resultados.

6.3.1. Alta turbiedad y sedimentos en el agua durante intensas lluvias

La presencia de alta turbiedad y sedimentos en el agua intradomiciliar durante los períodos de lluvias intensas reduce su calidad, lo que conlleva a que esta sea no potable. Esta situación conduce a implicaciones socioeconómicas negativas, ya que, como fue descrito en el capítulo de antecedentes, la comunidad se caracteriza por el desempeño

de empleos informales que requieren poca formación escolar/académica e implican un bajo nivel de ingresos.

Aunado a esto, destaca que, durante la realización de la encuesta de percepción social, una situación descrita por la mayoría de los encuestados correspondió a que muchos habitantes de La Garita dependen económicamente de bonos otorgados por el Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS) para su supervivencia mensual.

Lo anterior representa un panorama de retos para la comunidad, ya que deben incurrir en el costo adicional, no planificado, de comprar agua potable embotellada, o bien, la contratación de un servicio de camión cisterna por parte de la ASADA, para subsanar las necesidades diarias, debido a que el servicio de agua potable se encuentra comprometido. La tabla 6.6 desglosa los costos asociados estos gastos a nivel de hogar y a nivel total, según los abonados de la ASADA La Garita.

Tabla 6.6. Costo social de la compra de agua potable para los abonados de la ASADA
La Garita

Parámetro	Valor	Observaciones
Dotación personal en población rural (L/persona*día)	166	Obtenido de "Manual de estimación de consumo de agua potable en una casa" del AyA (2010). Contempla los usos: -Servicios sanitarios. -Ducha. -Lavatorio. -Lavado de platos. -Preparación de alimentos. Excluye lavado de ropa y otros.
Cantidad de servicios de la ASADA La Garita	327	Dato provisto por la ASADA.
Hacinamiento en La Garita (personas por vivienda)	4	Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Censo (2011)
Población abastecida por la ASADA La Garita (personas)	1320	Obtenido del producto: Cantidad de servicios * Hacinamiento
Volumen total de agua requerido por día para cada hogar (L/día)	664	Obtenido del producto: Dotación personal * Hacinamiento
Volumen total de agua requerido por día para la población (L/día)	217 128	Obtenido del producto: Dotación personal * Población abastecida
Costo unitario bidón de agua de 5 galones/18,9 L (CRC)	₡4695	Obtenido de consulta web a supermercados.
Costo social total diario por hogar de la compra de agua potable (CRC/día)	₡164 946,03	Obtenido del producto: Bidones requeridos para abastecimiento por hogar * Costo unitario de bidón de agua
Costo social total diario de compra de agua potable (CRC/día)	₡53 937 352,38	Obtenido del producto: Bidones requeridos para abastecimiento población * Costo unitario de bidón de agua
Costo total diario del servicio de camión cisterna para abastecimiento de población de abonados (CRC/día)	₡3 547 800	Obtenido de consulta directa a empresa H2O Soluciones, Guanacaste.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Considerando los costos sociales estimados y las condiciones socioeconómicas de la comunidad, es inviable que el servicio continúe con este problema. Así mismo, esto condiciona la sostenibilidad del servicio, lo cual es el objetivo principal del proyecto, ya que su continuidad se encuentra comprometida al suministrar agua de calidad insuficiente para el consumo humano.

Además del aspecto económico, se destaca que, para aquellos abonados que se encuentren en una posición que no les permita comprar agua embotellada, cuando se presenten los períodos de intensas lluvias, existe la posibilidad que ingieran el agua del acueducto, implementando técnicas inadecuadas de tratamiento basadas en desconocimiento técnico (hervir el agua para eliminar los sedimentos), las cuales no garantizan la potabilidad del líquido. Dicha situación representa un riesgo sanitario, el cual podría escalar a un brote comunal conllevando a una emergencia de salud pública en el poblado, por lo tanto, se requiere subsanar este problema.

6.3.2. Necesidad de diagnóstico, mejoría y actualización de infraestructura del acueducto

El acueducto de la ASADA ha sido administrado por personas de la comunidad, quienes no recibieron acompañamiento técnico desde sus inicios, esto ha llevado a tener algunos riesgos a nivel de infraestructura y sanitarios, los cuales fueron identificados durante el análisis.

Retomando el tema expuesto en la sección 6.2.3., se generó una serie de medidas de corrección para estos problemas, las cuales serán detalladas a continuación:

- Contar con válvulas ventosas o purgadores en los picos y cambios de pendiente del sistema.

El acueducto carece actualmente de un sistema de purga, tanto de aire como de agua, lo cual limita la posibilidad de purgar el sistema de contaminantes que hayan podido introducirse en la tubería, y que puedan afectar a la población, así como la incapacidad de eliminar el aire existente en la tubería para su correcto funcionamiento.

Ante esta premisa, se considera necesario implementar un sistema que permita a los administradores realizar limpieza de contaminantes que puedan introducirse en la tubería, por ejemplo, sedimentos producto de la reparación de alguna fuga en un ramal o por la misma rotura de este, la introducción de algún tipo de agente químico o la

introducción de aire, debido a alguna intervención en los elementos de distribución de agua. Para esto es necesario tomar en cuenta los puntos máximos y mínimos de la tubería, ya que la colocación de válvulas de purga en esto facilitará la evacuación, tanto de aire como de agua.

En conjunto con la junta directiva de la ASADA, se estimó la cantidad de válvulas necesarias para realizar la purga de contaminantes de la red de tuberías. La información sobre la red hídrica fue proporcionada por los miembros de la junta, quienes han participado en su construcción. Se tomó en cuenta los puntos finales de la tubería, así como los cambios de pendiente, puntos máximos y mínimos.

En la tabla 6.7 se detalla el costo aproximado de las válvulas necesarias para implementar el sistema de purga.

Tabla 6.7. Costos asociados a la compra de válvulas para el sistema de purga

Diámetro de la llave de paso (pulg)	Costo unitario	Unidades Necesarias	Costo total
2"	Ⱶ3000,00*	6	Ⱶ18 000,00
3"	Ⱶ6000,00*	8	Ⱶ48 000,00
Costo total estimado con un 10% de margen de error**			Ⱶ72 600,00

*Nota: Los montos son valores estimados producto del análisis del mercado realizado por los autores del proyecto

**Nota: Este 10% se utiliza como amortiguador de factores como la inflación o costos imprevistos

Fuente: Elaboración propia, 2021

- Emplear un sistema de filtrado que permita reducir los sedimentos presentes en el agua

Los reportes de agua contaminada con sedimentos por parte de los miembros de la ASADA y la comunidad abastecida por esta permitieron identificar este problema, el cual se presenta durante eventos de lluvia de alta intensidad y duración. Para solventar este problema se considera necesario emplear un sistema de filtrado que permita reducir la concentración de sedimentos que acarrea el agua al presentarse estos eventos.

Sin embargo, es necesario realizar un pequeño análisis para descartar la posibilidad que esta concentración de sedimentos provenga de un ramal roto de la tubería, en cuyo caso se podría solventar el problema con la reparación de la rotura, por lo que la medida está condicionada a que se identifique la fuente de la contaminación.

- Identificar posibles mejoras en la ubicación de los componentes, de manera que se disminuya la vulnerabilidad del sistema.

El análisis conjunto con los administradores de la ASADA identificó el riesgo de daños en los componentes generados por deslizamientos, debido a que ciertos tramos de la tubería principal se encuentran en zonas con altas pendientes y de terreno inestable. Bajo este panorama, se considera necesario realizar la identificación de posibles nuevas rutas con el fin de reubicar tramos de tubería propensos a daños relacionados con deslizamientos.

Para el cumplimiento de esto, se considera al AyA como institución de apoyo, por lo que se propone que esta tarea sea realizada en conjunto con un profesional con experiencia en el área de identificación y valoración de riesgos en infraestructura hidráulica, quien realizará un análisis más detallado de la situación y, con base en esto, brindará la mejor decisión.

- Realizar el levantamiento de catastro de cada componente del sistema, especificando: ubicación, profundidad y especificaciones técnicas.

Con base en el punto anterior, se abre una nueva oportunidad de mejora, los administradores de la ASADA expusieron que no se cuenta con especificaciones técnicas del acueducto, toda la información la maneja el fontanero y algunos de los miembros, sin embargo, no se cuenta con ningún tipo de registro, plano o documento que contenga estos datos, por lo que se expone la necesidad de realizarlo.

Detalles como la ubicación de los componentes, la profundidad y las especificaciones técnicas de cada uno se considera necesaria a la hora de realizar esta documentación, ya que esta será base para el futuro desarrollo del acueducto.

- Realizar un plan de sustitución de aquellos componentes que han cumplido su vida útil.

Al analizar los diferentes componentes del acueducto, se encontró que cierta parte de las tuberías con que cuenta la ASADA sobrepasan su vida útil (más de 40 años) lo cual representa un riesgo para el servicio y, por consiguiente, para los usuarios. Teniendo en cuenta esta situación y así como los altos costos que implica la sustitución de un tramo de la tubería de captación, la cual posee un diámetro de 10 mm (4”), se considera necesario la elaboración de un plan que permita a la ASADA realizar el cambio de la forma más eficiente posible.

En conjunto con la junta directiva de la ASADA, se estimó de manera preliminar la cantidad de tubería que debe ser reemplazada, así como el costo asociado a la compra de esta (ver tabla 6.8.), dicho proceso se realizará de manera paulatina. El objetivo propuesto por los miembros de la directiva es invertir ocho millones de colones anuales en el cumplimiento de esta medida.

Tabla 6.8. Costos asociados a la compra de tubería de reemplazo

Diámetro (pulg)	Costo unitario (cada 6m)	Cantidad de metros necesaria	Costo total
2"	₡ 22 000,00*	800	₡ 2 933 333,33
4"	₡ 70 800,00*	2400	₡ 28 320 000,00
Costo total estimado con un 20% de margen de error**			₡ 37 504 000,00

*Nota: Los montos son valores estimados producto del análisis del mercado realizado por los autores del proyecto

**Nota: Este 20% se utiliza como amortiguador de factores como la inflación o costos imprevistos

Fuente: Elaboración propia, 2021

Cabe destacar la posible relación entre la tubería que ha superado su vida útil y los reportes de altos niveles de turbidez presentes en el agua. Al ser una tubería tan antigua, puede que haya sufrido algún tipo de rotura, por donde puede entrar el agua de lluvia con alta carga de sedimentos durante los eventos descritos por los usuarios.

6.3.3. Actualización organizacional de la ASADA La Garita

Al retomar las medidas correctivas derivadas del plan GIRA, en relación con el aspecto organizacional de la ASADA La Garita, se focaliza dos puntos clave para oportunidad de mejora.

- Implementación de una bitácora

Actualmente, no existen bitácoras que permitan el registro de las labores de fontanería que conciernen: los protocolos de mantenimiento y control y los hallazgos o situaciones particulares con los abonados. De igual manera, no hay bitácora para el registro de las mejoras realizadas a nivel de infraestructura del acueducto, las compras de materiales efectuadas y actualizaciones de inventario.

Ambas premisas exponen la necesidad de implementar esta mejora, con el fin de tener un control de mayor eficiencia y fácil acceso para conocer el estado y evolución del acueducto y el servicio brindado. Esto es de especial relevancia al considerar que las Juntas Directivas de la ASADA trabajan por períodos, lo que implica la integración de nuevos miembros que requerirán actualizarse en la materia.

Así mismo, los entes públicos incidentes en el control de la calidad del servicio de agua potable (Ministerio de Salud, AyA) realizan revisiones de control, por lo que estos documentos son referencia, útiles y esenciales para cumplir con los estándares requeridos.

Para subsanar esta situación, la ASADA contempló un período de un mes correspondiente a marzo 2022, en el cual la secretaria y el fontanero redactarán los documentos oficiales de referencia de los protocolos de mantenimiento y control. Así mismo, los desarrolladores del proyecto suplirán una plantilla de bitácora que la ASADA pueda aprovechar para el inicio de su implementación.

- Coordinación de alianzas entre ASADAS vecinas

Esta medida se derivó del análisis de amenazas, ya que existen diversas ASADAS vecinas que representan potenciales aliados para fortalecer la resiliencia ante los riesgos asociados a las posibles amenazas, así como para procesos de articulación al hacer solicitudes por parte de los grupos de ASADAS de la zona ante entes, tales como la Oficina Regional de Acueductos Rurales (ORAC).

El contar con acercamientos previos entre las ASADAS, facilita el planteamiento y puesta en marcha de proyectos conjuntos y representa un antecedente para los procesos de diálogo en torno a la solución de problemas generalizados que afecten a más de un ente prestador del servicio de agua potable de la zona.

6.3.4. Fuentes de abastecimiento actuales se encuentran cercanas a su capacidad máxima

Las proyecciones del balance hídrico del acueducto reflejaron que las fuentes de abastecimiento actuales, que corresponden a cinco nacientes, se encuentran prontas (2024) a topar su capacidad máxima para el mes más crítico (el de menor disponibilidad hídrica); previo a una situación de déficit hídrico que conlleve el desabastecimiento comunal (2025). Esto implica que se requiere la identificación e incorporación de nuevas fuentes de abastecimiento de calidad adecuada al acueducto con urgencia, de manera que se garantice que se podrá suplir la demanda hídrica comunal en los períodos de época seca futura.

Para el período proyectado, el balance hídrico reflejó que las fuentes de abastecimiento actuales del acueducto cuentan con capacidad hídrica para brindar un máximo de 31 nuevas previstas, previo a entrar en condición de déficit hídrico.

La tabla 6.9 expone la cantidad de nuevas previstas que puede brindar la ASADA para el período de balance.

Tabla 6.9. Nuevas previstas anuales que puede brindar la ASADA La Garita según capacidad hídrica de fuentes actuales de abastecimiento

Año	Cantidad de nuevas previstas anuales de agua potable
2021	9
2022	7
2023	8
2024	7
2025	0

Fuente: Elaboración propia, 2021

Según los datos expuestos, esto tiene dos implicaciones clave:

1. De requerir más previstas de las que se proyecta y no brindarlas, se limita el desarrollo de la comunidad, ya que no es posible la construcción de infraestructura para nuevos aprovechamientos productivos/comerciales/residenciales.
2. Si se continúa brindando nuevas previstas que sobrepasen las cantidades límites indicadas, se incurrirá en el riesgo de acelerar el proceso de topar la capacidad máxima de las fuentes, lo cual compromete lo sostenibilidad del servicio de agua potable a corto plazo.

En consideración de lo anterior, como fue referido en el capítulo de antecedentes, la ASADA La Garita se encuentra en un proceso de solicitud de préstamo para la compra de un terreno que incorporaría más nacientes al acueducto. Así mismo, cuentan con un pozo que está en tramitología ante Dirección de Agua para su correcto registro, de manera que pueda utilizarse como fuente de abastecimiento. Ambas medidas subsanarían la necesidad de contar con mayor disponibilidad hídrica para suplir la demanda futura y ampliar la cantidad de nuevas previstas que podría brindar la ASADA.

En el caso del pozo, la ASADA brindó los datos correspondientes a la prueba de bombeo realizada, la cual indicó que este posee un caudal de 3 L/s. Con el fin de verificar las implicaciones de contar con ese caudal adicional en el acueducto, se realizó nuevamente el balance hídrico para el mes más crítico de las nacientes, considerando la adición de dicho caudal. La tabla 6.10 expone los resultados obtenidos.

Tabla 6.10. Proyecciones del balance hídrico del acueducto La Garita, considerando el pozo

Año	Servicios	Demanda (L/s)	Producción (L/s)	Balance Hídrico (L/s)	Interpretación
2021	339	3,20		3,25	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios.
2037	468	4,40		2,04	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios.
2038	477	4,49	6,44	1,95	ASADA cuenta con capacidad hídrica.
2048	583	5,49		0,95	Buscar nuevas fuentes.
2057	697	6,57		-0,12	Desabastecimiento y racionamiento del servicio.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Las proyecciones demuestran que, de incorporar el caudal adicional que representa el pozo, la ASADA cuenta con capacidad hídrica para suplir la demanda de la cantidad abonados proyectados, según crecimiento poblacional y, adicionalmente, brindar más previstas hasta el año 2037. Una vez que se supera los 477 abonados, inicia nuevamente el proceso gradual de reducción en la capacidad hídrica de las fuentes hasta reflejar, en 2048, la necesidad de integrar más fuentes de abastecimiento al acueducto. Finalmente, para 2057, se presenta el contexto de déficit hídrico y desabastecimiento con un máximo de 670 previstas totales.

6.3.5. Oportunidad de optimización del sistema de almacenamiento para aprovechamiento de Agua No Contabilizada (ANC)

Al realizar el balance hídrico se determinó el agua no contabilizada, sin embargo, no es posible vincular este valor con fugas en el sistema o conexiones ilegales, debido a que los tanques de almacenamiento no cuentan con ningún sistema de cierre automático, sino que al llegar al nivel máximo, simplemente se rebalsan hasta que la demanda es suficiente para bajar su nivel.

Dado que el macromedidor se encuentra antes de los tanques de almacenamiento, no es posible cuantificar del total de ANC cuánta se está perdiendo por el rebalse de los tanques y cuánta se pierde por motivo de fugas u otros. Por lo tanto,

es necesario implementar un sistema que permita el cerrado de la válvula de alimentación de los tanques, con el fin de que se elimine el desperdicio de agua que cabe destacar, ya ha pasado por el proceso de cloración, lo cual implica un costo económico y, además, que se pueda realizar el estudio de ACN de manera que se pueda identificar pérdidas por fugas, conexiones ilegales, etc., que además permita valorar la presencia de fugas en la red.

Al analizar los datos, se observó un crecimiento en el porcentaje de esta, conforme se aproxima a los últimos meses del año, lo cual se asocia al aumento del nivel freático del agua subterránea, que da origen a las nacientes de donde capta el agua la ASADA La Garita. El mayor porcentaje de agua no contabilizada registrado para el 2021 fue del 85 % lo cual equivale a un volumen de 36,318 m³ en un mes.

Esto revela la capacidad hídrica de las nacientes durante la época lluviosa y da a la ASADA la oportunidad de aprovechar este volumen para realizar proyectos de cosecha de agua, con lo cual se podría disminuir la vulnerabilidad de la ASADA ante eventos de sequía e, incluso, aportar con cierto caudal a acueductos cercanos, fortaleciendo alianzas con ASADAS vecinas. La propuesta de un proyecto de este tipo está sujeto a diversos factores como la topografía del terreno y el alcance económico, por lo que se considera únicamente como una propuesta.

6.3.6. Aprovechamiento del instrumento divulgativo

Según lo referido en la sección 6.2.5 se consolidó un proceso de validación exitoso al contar con la aceptación total de los actores clave. En cuanto al aprovechamiento del instrumento divulgativo, este proveerá una referencia de aquellos aspectos prioritarios del estado del servicio, así como las mejoras requeridas para su optimización, lo cual debe considerarse en el planteamiento de los nuevos proyectos de la ASADA, con el fin de reducir potenciales afectaciones futuras asociadas con la exclusión de esta información de línea base.

De igual manera, contar con la aprobación de la ASADA respecto a la presentación y contenido del instrumento divulgativo permite llevar a cabo un proceso de socialización, respaldado por el ente gestor del servicio y garantizar la credibilidad y transparencia de la información suministrada a la comunidad.

6.4. Discusión de los resultados respecto a los objetivos planteados

Al concluir con el proyecto, se logró cumplir con la totalidad de los objetivos planteados. La síntesis de los resultados en función de los objetivos se desglosa a continuación:

- Objetivo 1: la aplicación de la encuesta generó el registro de los datos de percepción social, en relación con la calidad del servicio de agua potable, para la cual se superó la muestra inicial propuesta; de esta manera, cumple y supera la meta planteada.
- Objetivo 2: los datos de la percepción social, en conjunto con los informes de calidad del agua, permitieron la cuantificación de la brecha y la ubicación del escenario actual, cumpliendo con la meta definida.
- Objetivo 3: se generó el plan de acciones correctivas tras la implementación de la herramienta GIRA en la ASADA La Garita, por lo tanto, se cumplió con la meta propuesta.
- Objetivo 4: se analizó la oferta y la demanda de las fuentes de abastecimiento actuales, concluyendo en el número de servicios que estas pueden suplir y el año en que llegarán a la capacidad, con esto se determinó su sostenibilidad, cumpliendo con el objetivo número cuatro del proyecto.
- Objetivo 5: el proceso de validación culminó en la comprensión y aceptación de los hallazgos expuestos en el instrumento divulgativo por parte de la ASADA, por lo tanto, se da por concluido el objetivo final del proyecto.

6.5. Discusión del diseño metodológico del proyecto

El diseño metodológico del proyecto fue funcional para el cumplimiento de los objetivos planteados. Aun así, se identificó una oportunidad de mejora, en relación con el balance hídrico del acueducto y se modificó un aspecto de la herramienta GIRA.

- En relación con el balance hídrico del acueducto, se propone como oportunidad de mejora el uso de escenarios (secos/húmedos) que representen la variabilidad climática de la zona, con el fin de obtener resultados que permitan realizar proyecciones que incorporen esta variable en la oferta hídrica de las fuentes. Esto le permite a la ASADA definir su plan de acción desde un enfoque preventivo ante los posibles escenarios.
- El paso cinco de la herramienta GIRA implica la generación de un plan de proyectos preventivos por realizar por la ASADA. En el caso del presente proyecto, se omitió este aspecto, ya que el plan de acciones correctivas incluyó propuestas robustas que consideran abordajes preventivos y correctivos. Así mismo, diversas metas del plan correctivo son de largo plazo y requieren de inversión considerable, según la realidad económica de la ASADA, por lo tanto, se concluyó que estas metas son suficientes para los alcances del proyecto.

CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente capítulo procederá a exponer las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio realizado.

7.1. Conclusiones

La realización del estudio requirió de un proceso constante de integración y participación comunal por parte de los desarrolladores del proyecto, con el fin de sensibilizarse respecto a la realidad local de La Garita. Un gran aprendizaje por parte de los autores es la necesidad de adaptarse a la ASADA en todos los aspectos, principalmente, el uso de lenguaje inclusivo, con la finalidad de lograr la aceptación de las propuestas de mejora. Esto permite que el criterio profesional se perciba como un acompañamiento que proveerá los conocimientos técnicos requeridos para complementar los procesos de toma de decisiones, según las capacidades del grupo de interés.

La muestra de usuarios del agua empleada en la determinación de la percepción social fue estadísticamente representativa, con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 7,9 %. Esta valorización del servicio resultó en su mayoría aceptable (el 93,52 % de los abonados) y se caracterizó por la continuidad, adecuada presión y buenas propiedades organolépticas del agua.

Adicionalmente, este acercamiento comunal generó uno de los principales hallazgos del proyecto al alertar del problema relacionado con la presencia de turbiedad y sedimentos en el agua durante los períodos de intensas lluvias. De acuerdo con lo anterior, se da por cumplido el objetivo número uno de este proyecto.

De acuerdo con el análisis de brechas realizado entre la percepción de los usuarios y la de las autoridades, respecto al servicio de agua potable que brinda la ASADA La Garita, se cuantificó una brecha equivalente al 6,48 % la cual deriva de la insatisfacción de los usuarios, debido a la presencia de sedimentos en el agua. Las recomendaciones para solventar este problema son parte del plan de acciones correctivas del GIRA, dando por concluido el objetivo dos del proyecto.

Los costos sociales asociados a la compra de agua embotellada o el servicio de un camión cisterna, durante los períodos de intensas lluvias, son insostenibles según la realidad socioeconómica de La Garita. Así mismo, esta situación representa un riesgo sanitario asociado al uso de agua no potable, tratada mediante prácticas basadas en desconocimiento técnico, lo cual implica un potencial problema de salud pública.

El plan de acciones correctivas derivadas de la herramienta GIRA, que categorizó la vulnerabilidad de la ASADA como baja (el 29 %), focalizó los ejes sanitario-infraestructura y administrativo-operacional. El primero en consideración de que el acueducto presenta ramales antiguos que han sobrepasado la vida útil y componentes estructurales vulnerables debido a su localización. El segundo eje, en consideración de la ausencia de documentos de referencia de los protocolos operativos y la oportunidad de generar alianzas con ASADAS vecinas. En función de lo indicado, se concluye el objetivo tres del proyecto.

La aplicación del balance hídrico en el acueducto de la ASADA La Garita proyecta que con las fuentes de abastecimiento actuales (nacientes) la sostenibilidad del servicio se ve limitada hasta el año 2025 con un total de 31 nuevas previstas, sin embargo, si se toma en cuenta el caudal que aporta el pozo (3 L/s), que se encuentra en trámites de legalización, este periodo se extiende hasta el año 2057 con un total de 670 previstas. De acuerdo con lo anterior, se da por cumplido el objetivo número cuatro este proyecto.

El proceso de validación de los hallazgos del proyecto fue exitoso, ya que recibió aceptación total por parte de los actores clave de la ASADA La Garita. Esto permitirá utilizar el instrumento divulgativo como medio de socialización del proyecto, con el fin de informar a la comunidad respecto a la sostenibilidad de su servicio de agua potable y ser referencia de los aspectos prioritarios que debe considerar la ASADA, en relación con su servicio. Con base en lo anterior, se da por concluido el objetivo número cinco del proyecto.

La sostenibilidad técnica del servicio de agua potable se encuentra comprometida en función de las diversas oportunidades de mejora identificadas mediante la realización del proyecto, sin embargo, la ASADA La Garita posee apertura para la ejecución de las

acciones correctivas planteadas en conjunto, con el fin de fortalecer el proceso de promoción de dicha sostenibilidad.

7.2. Recomendaciones

Se recomienda cumplir con lo establecido en el plan de acciones correctivas del GIRA, principalmente, los plazos propuestos para cada proyecto, ya que existe incertidumbre sobre la funcionalidad de ciertos componentes del acueducto, lo cual representa un riesgo para la sostenibilidad del servicio.

De acuerdo con los resultados del balance hídrico realizado para el acueducto, se recomienda a los miembros de la ASADA La Garita continuar con la legalización del pozo, ya que sin esta fuente se reduce, en gran medida, su capacidad para brindar nuevos servicios. Además, tomando en cuenta los problemas de escasez de agua de la zona, contar con mayor capacidad hídrica habilita la posibilidad de apoyar a otros acueductos para formar más y mejores alianzas entre gestores del agua.

Al realizar el balance hídrico del acueducto de la ASADA La Garita, se cuantifica un alto porcentaje de agua no contabilizada (siendo el 85 % el mayor valor), el cual puede ser aprovechado en la época de mayor demanda y menor oferta (época seca), mediante su almacenamiento, por lo que se recomienda a la ASADA valorar la posibilidad de emplear proyectos como la creación de una laguna artificial que funcione como un sistema de cosecha de lluvia. Esto beneficiaría a la comunidad al utilizar el agua en riego de zonas comunes, actividades comunitarias o un elemento más del sistema que disminuya la vulnerabilidad ante eventos de sequía.

Según los resultados obtenidos en los análisis de percepción social y de brechas, se recomienda continuar aplicando encuestas de manera periódica a los usuarios de la ASADA La Garita, ya que para este proyecto, la aplicación de estos instrumentos y su posterior análisis permitió recopilar información clave para la identificación de oportunidades de mejora. Además, de esta manera, se mantendrá un registro en el tiempo de la percepción de los usuarios, lo cual será insumo para alcanzar el escenario “ideal” planteado en el presente proyecto.

En consideración de la limitación del proyecto enfocada al aspecto social, se presenta una oportunidad de plantear un proyecto complementario al presente estudio que amplíe el abordaje social, mediante la caracterización e identificación del potencial de la comunidad de La Garita.

BIBLIOGRAFÍA

Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, (2015). *Sostenibilidad y modelos de gestión de los sistemas rurales de agua potable*. Madrid: AECID, pp.14-44.

Agüero, R., (2004). *Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales*. Lima: s.n.

Benavides, H. & León, G., (2007). *Información Técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*, s.l.: s.n.

Blanco, (2014). *El Desarrollo rural y el capital social en el cantón de La Cruz, Guanacaste, Costa Rica*. Universidad Autónoma de Barcelona. [en línea] disponible en <https://n9.cl/6jrjm> [consulta: 25-04-2021].

Bueno, D. et al., (2020). “Análisis de agua no contabilizada en el sistema de abastecimiento urbano del municipio de Facatativá, Colombia”. *Tecnura*, 24(63), pp. 73-87. [en línea] disponible en <https://n9.cl/40r5b> [consulta: 25 04 2021].

Campos Aranda, D. F., (1998). *Procesos del Ciclo Hidrológico*. (3ª. ed.). San Luis Potosí, México: Editorial Universitaria Potosina.

Cardoso, (2019). “Evaluación de la calidad económico financiera del proyecto de inversión: Centro Cultural Julio Antonio Mella”. *Cienfuegos. Universidad y Sociedad*, 11(5), pp. 8-18. [en línea] disponible en <https://n9.cl/pwygg> [consulta: 15-05-2021].

Chaves, López, Vergara & Villegas, (2018). *Análisis de brechas del indicador de accidentalidad vs el conocimiento del trabajador frente al peligro de condiciones de seguridad*. (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Minuto de Dios).

Cohen & Franco, (2000). *Evaluación de proyectos sociales*. Buenos Aires: Grupo Editor Latinoamericano.

Constitución Política de la República de Costa Rica, (1948). *Artículo 50*. [en línea] disponible en: <https://n9.cl/5sxpw> [consulta 06-05-2021].

Díaz, (2017). *Estrategia de sostenibilidad para redes de organizaciones sociales enfocadas en jóvenes fuera de la escuela*. Guatemala: Agencia de los Estados Unidos de América para el Desarrollo Internacional, pp. 11–17.

Garay & Agüero, (2013). *Introducción a los SIG: Software QGIS*, s.l.: EEA La Rioja.

Global Water Partnership, (2011). *¿Qué es la GIRH?* [en línea] disponible en: <https://n9.cl/ayx5w> [consulta: 29-04-2021].

Holdridge, (1978). *Basada en zonas de vida. Ecología*. [en línea] disponible en: <https://n9.cl/ynb28> [consulta: 26 04 2021].

Inder, (2014). *Caracterización del territorio Liberia-La Cruz*. [en línea] disponible en: <https://n9.cl/3k69> [consulta: 25-04-2021].

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, (2016). *Política Nacional de Agua Potable de Costa Rica 2017-2030*. San José: Comisión Interinstitucional, p.46.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, (2017a). *Estudios técnicos para ASADAS*, San José: s.n.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, (2017b). *Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, sistemas de saneamiento y sistema pluvial*. San José: AyA, pp. 12-26.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, (2019). *Guía de Gestión Integral de Riesgos para ASADAS (GIRA)*. San José: PNUD, 5-7.

López, (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería. [en línea] disponible en: <https://n9.cl/i7sug> [consulta: 25-04-2021].

Millán, García, Rodríguez-Peral & Servant, (2008). “La percepción de lo social. Análisis de los mensajes sociales”. *Prisma social*, (1), 1-46. [en línea] disponible en: <https://n9.cl/d8oru> [consulta: 25-04-2021].

Mora, Barboza & Orozco, (2019). “Índice de calidad y continuidad de los servicios de agua para consumo humano en Costa Rica”. *Tecnología en Marcha*, Volumen 32. [en línea] disponible en: <https://n9.cl/8d4f5> [consulta: 25-06-2021] .

National Geographic, (2020). *El acueducto, la obra maestra de la ingeniería Romana*. [en línea] disponible en: https://historia.nationalgeographic.com.es/a/acueductos_8592 [consulta:29-04- 2021].

Oficina de Evaluación y Supervisión, (2016). *Estudio sobre el funcionamiento y la sostenibilidad de las intervenciones de agua potable y saneamiento en áreas rurales*. Nueva York: OVE, pp.17-46.

OMS, (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Organization of American States, General Secretariat. [en línea] disponible en: <https://n9.cl/7y9xq> [consulta 25-04- 2021].

Organización de las Naciones Unidas, (2014). *Agua y Saneamiento*. [en línea] disponible en: <https://n9.cl/wo231> [consulta: 29-04-2021].

Organización de las Naciones Unidas, (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*. [en línea] disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/> [consulta: 29-04-2021].

Organización de las Naciones Unidas, (2020). *Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*. [en línea] disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/> [consulta: 29-04-2021].

Ortiz, (2015). “Viabilidad económica, social y financiera de proyectos urbanos frente al desarrollo territorial”. *Dimensión empresarial*, 13(2), 55-74.

PNUD, (2019a). *Fortalecimiento de acueductos comunales para enfrentar riesgos del Cambio Climático El PNUD en Costa Rica* [en línea]. [Consultado el 25-04-2021]. Disponible en: <https://n9.cl/nxqg3>

PNUD, (2019b). *Herramienta de Gestión integral de riesgo para ASADAS*. [en línea] disponible en <https://n9.cl/qgpq9> [consulta: 25-04-2021].

Presidencia de la República, (2012, 20 de abril). *Decreto N° 37169 Reforma Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales*. [en línea] disponible en: <https://n9.cl/y26j7> [consulta: 12-05-2021].

Presidencia de la República, (2019). *Ejecutivo decreta emergencia por déficit en Guanacaste y otras regiones del país*. [En línea] disponible en: <https://n9.cl/wash> [consulta: 25-04-2021].

Real Academia Española, (2020). *Diccionario de la Lengua Española*. (23ª. ed.). Madrid.

Real Academia de Ingeniería, (2021). *Diccionario español de ingeniería*. [en línea] disponible en: <http://diccionario.raing.es/es/lema/recurso-renovable> [consulta: 29-04-2021].

Sánchez, (2015). *Introducción a las hojas de cálculo en Excel*, s.l.: s.n.

Sapag, Sapag, & José, (2014). *Preparación y evaluación de proyectos*. (6ª. ed.). México: McGRAW-HILL/Interamericana Editores. [en línea] disponible en: <https://n9.cl/sxwab> [consulta: 12-05-2021].

Secretaría Técnica Nacional Ambiental, (2016, 21 de diciembre). *Resolución N°2373-2016- SETENA. Resolución comisión plenaria proyectos de muy bajo impacto*. [en línea] disponible en: <https://n9.cl/p1u0r> [consulta: 12-05-2021].

Segura, (2015). “Viabilidad económica, social y financiera de proyectos urbanos frente al desarrollo territorial”. *Dimensión empresarial*, 13(2), pp. 55-74. [en línea] disponible en: <https://n9.cl/xaf60> [consulta: 13-05-2021].

Sistema Costarricense de Información Jurídica, (1961, 14 de abril). *Ley N° 2726. Ley Constitutiva Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados*. [en línea] disponible en: <https://n9.cl/0fuk9> [consulta: 12-05-2021].

Sistema Costarricense de Información Jurídica, (1973, 30 de octubre). *Ley N° 5395. Ley General de la Salud*. [en línea] disponible en: <https://n9.cl/8fo6g> [consulta: 12-05-2021].

Sistema Costarricense de Información Jurídica, (1995, 04 de octubre). *Ley N° 7554. Ley Orgánica del Ambiente*. [en línea] disponible en: <https://n9.cl/kyhye> [consulta 05 2021].

Skewes, (2017). *Régimen Jurídico de la Desalación de Agua de Mar en Chile. El carácter de Bien de Dominio Público del Agua de Mar y del Borde Costero*. Licenciatura. Universidad de Chile.

Solano & Villalobos, (2000). *Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica*. San José: Instituto Meteorológico Nacional. Instituto Meteorológico Nacional. [en línea] disponible en: www.imn.ac.cr. [consulta 25-04-2021].

Ugarte, (2020). *Acceso al agua se convierte en un derecho humano en Costa Rica*, s.l.: s.n.

United Nations Framework Convention on Climate Change, (2021). *¿Qué es el acuerdo de París?* [en línea] disponible en: <https://n9.cl/nh61> [consulta: 29-04-2021].

Urquiza & Billi, (2020). *Seguridad hídrica y energética en América Latina y el Caribe: definición y aproximación territorial para el análisis de brechas y riesgos de la población*. Santiago, CEPAL, pp. 15-27.

Vargas & Ugalde, s.f. *Implementación de un sistema de ordenamiento territorial basado en sistemas de información geográfica*, s.l.: s.n.

Veas, (2011). *Gestión del agua para consumo humano en la microcuenca del río Purires, Costa Rica*. AyA. [en línea] disponible en: <https://n9.cl/jq4u3> [consulta: 25-04-2021].

Villón, M. (2002). *Hidrología*. Cartago: Editorial Villón.



Anexo 1. Conversatorio con la Junta Directiva de la ASADA La Garita (11-3-2021)

Fuente: Elaboración propia, 2021



Anexo 2. Visita a la infraestructura del acueducto de La Garita (11 de marzo, 2021)

Fuente: Elaboración propia, 2021



MINUTA DE LA REUNIÓN VIRTUAL

19 de abril del 2021

PARTICIPANTES DE LA REUNIÓN

UNA: Ing. Axel Hurtado Salazar (AH)
Ing. Ana María Moroney Matarrita (AM)
AyA: MA. Victor Hugo Chacón Somarriba (VC)

OBJETIVOS DE LA REUNIÓN.

- Exponer a la Oficina Regional de Acueductos Rurales (ORAR) la propuesta del proyecto.
- Conocer la percepción social respecto al proyecto del actor encargado del sector La Garita, La Cruz.

RESUMEN EJECUTIVO

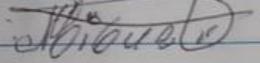
Se realizó una explicación del proyecto, focalizando los objetivos y el plan de acción por parte de AH y AM al representante de la ORAR, Región Chorotega. VC realizó un recuento de la trayectoria de comunicaciones y antecedentes de la ORAR con la ASADA La Garita. Además, el funcionario brindó sugerencias e información clave para las herramientas GIRA y Balance Hídrico de acueductos. Finalmente, VC indicó su apoyo al proyecto enfatizando la relevancia de generar insumos que promovieran una mejoría en la gestión de la ASADA ya que actualmente carecen de los estudios propuestos.

INFORMACIÓN DE CONTACTO

Nombre	Posición	Afiliación	Correo electrónico
Ing. Axel Hurtado Salazar	Desarrollador del proyecto	Universidad Nacional de Costa Rica (UNA).	axel.hurtado.salazar@est.una.ac.cr
Ing. Ana María Moroney Matarrita	Desarrolladora del proyecto	Universidad Nacional de Costa Rica (UNA).	ana.moroney.matarrita@est.una.ac.cr
MA. Victor Hugo Chacón Somarriba	Encargado sector La Cruz	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), ORAR.	vchacon@aya.go.cr

Anexo 3. Minuta de la reunión con la Oficina Regional de Acueductos Rurales del AyA
Fuente: Elaboración propia, 2021

Reunión ordinaria número Cuarenta y Cuatro, Celebrado el día 22/06/2021, con los miembros en la oficina del Acueducto al ser las quince horas de la tarde, reunidos los siguientes miembros de la junta Directiva, presidente Sebastián Víctor Víctor, Secretaria (Noemy Flores) Emérita Cano, Tesorero Miguel Álvarez, Fiscal Gilberto Fletes, nos acompañan el Fontanero Carlos Rodríguez, Noemy Flores Secretaria Administradora, Yaira Meléndez. Primer acuerdo, se acuerda aceptar la donación de dos tanques de aluminio por parte de la Coca Cola, la Asada se compromete a Contratar la losa, para montar los tanques. Segundo Acuerdo, por Unanimidad de Votos, se acuerda aceptar el proyecto que van a realizar los estudiantes de la Universidad Nacional de ingeniería hidrológica, Ana María Morey

y Axel Hurtado, el proyecto se llama estudio de Sostenibilidad Técnica del Servicio de agua potable del Acueducto Comunal de La Garita de La Cruz, Guanacaste, Costa Rica. Tercer acuerdo, se acuerda Comprar los tubos al señor Fernando Castro, Se cierra Sesión a las diez y seis horas, con treinta minutos de la tarde.
Presidente: 
Secretaria: Emérita Cano Zúñiga
Tesorero: 
Vocal 1:
Fiscal:



Anexo 4. Minuta de la reunión con la Junta Directiva de la ASADA La Garita (22 de junio del 2021)

Fuente: ASADA La Garita, 2021



Anexo 5. Consulta a abonados de la ASADA La Garita para la prefactibilidad social (30 de junio del 2021)

Fuente: Elaboración propia, 2021

Propiedades Organolépticas

1. ¿Considera usted que el agua que llega a su hogar tiene un olor aceptable?
 Sí No
 Especifique:

2. ¿Considera usted que el agua que llega a su hogar tiene un sabor aceptable?
 Sí No
 Especifique:

3. ¿Considera usted que el agua que llega a su hogar tiene un color aceptable?
 Sí No
 Especifique:

4. ¿Usted ha detectado algún contaminante en el agua de su residencia? Ejemplo: sólidos en suspensión, larvas o insectos, entre otros.
 Sí No
 Especifique:

Opinión sobre el servicio actual

De las siguientes opciones, seleccione la que mejor describa su servicio.

1. ¿Su servicio de agua potable es continuo?
 a) Sí, es continuo. b) Se interrumpe una vez al día. c) Se interrumpe varias veces al día.

2. ¿Qué le parece el nivel de presión de agua que llega a su hogar?
 a) Presión excesiva. b) Presión suficiente. c) Presión insuficiente. d) Sin presión.

3. ¿Cuando se presenta un desperfecto en las redes de agua potable se atiende con prontitud?
 Sí No

4. ¿Cómo percibe la calidad del servicio de agua potable que recibe en su hogar?
 Aceptable No Aceptable

Recomendación de mejora al servicio.

De la siguiente lista de acciones, seleccione las que considere adecuadas para la mejora del servicio de agua potable.

Pagar más por el servicio para contar con mayor presupuesto para su mejora.	
Desarrollar una campaña de participación ciudadana.	
Reparar las fugas existentes en la tubería.	
Otra (especifique)	

Anexo 6. Instrumento de consulta utilizado para la encuesta de percepción social

Fuente: Elaboración propia, 2021



Anexo 7. Proceso de participación con los miembros de la ASADA La Garita (19 de octubre del 2021)

Fuente: Elaboración propia, 2021



Anexo 8. Infografía de los principales hallazgos

Fuente: Elaboración propia, 2021

Administración de Riesgos: Medidas correctivas				PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS					
La siguiente lista incorpora aquellas medidas correctivas, que se eligieron para ser incluidas en el plan de acción. El siguiente paso es completar las columnas en color "Gris".									
Tipo Vulnerabilidad	Tipo de componente	Riesgo Asociado	Medida	Monto de inversión aprox	Fuente de financiamiento	Pasos a seguir para la solución propuesta	Responsables	Fecha de inicio	Fecha de finalización
Sanitaria	Líneas de Conducción y Distribución	Riesgo operativo al carecer de sistema de purga	Contar con válvulas ventosas o purgadores en los picos y cambios de pendiente del sistema	75,600	Tarifa ordinaria	1. Identificar los puntos donde es necesario colocar el sistema de purga. 2. Realizar una cotización de los materiales necesarios para implementar el sistema (tomar en cuenta materiales como pagamento para PVC, la necesidad de materiales para excavar). 3. Colocar válvulas (llaves de paso) en los picos de la tubería y en los puntos finales para que funcionen como purgadores tanto de agua como de aire.	Carlos Rodríguez Cordero, Miguel Álvarez Moreno, Sebastián Víctor Víctor	ene-24	may-24
Sanitaria	Tanque de Almacenamiento	Contaminación por presencia de sedimentos, algas, hongos dentro del tanque.	Emplear un sistema de filtrado que permita reducir los sedimentos presentes en el agua dentro del tanque.	200,000	Tarifa ordinaria	1. Se realizará la colocación de dos filtros de polipropileno (estos retienen sedimentos de diversos tamaños) en dos puntos clave del sistema acueducto: I) En la zona de la captación de las nacientes, previo a la entrada del agua en el clorador. II) En la tubería previo al ingreso del agua en los tanques de almacenamiento. 2. Se incluirá los filtros como componentes que requieran de revisión periódica en el plan de mantenimiento que elaborará la ASADA La Garita, con el fin de maximizar su uso y determinar el momento en que requieran ser sustituidos por otros filtros.	Carlos Rodríguez Cordero, Miguel Álvarez Moreno, Sebastián Víctor Víctor, Cristina Ramos, Maribel Rodríguez.	ene-24	may-24
Infraestructura	Prevención	Altos costos de reparación en caso de desastre	Identificar posibles mejoras en la ubicación de los componentes, de manera que se disminuya la vulnerabilidad del sistema	-	Tarifa ordinaria	1. Solicitar apoyo al AYA, mediante la Oficina Regional de Acueductos Rurales (Victor Hugo Chacón), con la colaboración de un profesional con experiencia en evaluación de estructuras hidráulicas con el fin de coordinar una visita de campo para el diagnóstico del acueducto de La Garita. 2. Este profesional elaborará un informe detallando las sugerencias y recomendaciones de las mejoras que se deben realizar en la infraestructura del acueducto para los componentes que representen vulnerabilidades altas y severas, según su ubicación. 3. La ASADA La Garita priorizará las mejoras a realizar de acuerdo con el informe del profesional según disponibilidad de recursos económicos y mano de obra; y crearán un cronograma de trabajo el cual es un documento que detalla: fecha de inicio de la mejora, descripción de la mejora a realizar y en cual componente del acueducto, inversión total, detalles técnicos (cuando se hagan modificaciones directamente en la infraestructura hidráulica) y fecha de finalización.	Sebastián Víctor, Leovigildo Vidales	ene-22	ene-22
Infraestructura	Registro de infraestructura	Pérdida de información sobre las especificaciones del sistema	Realizar el inventario de catastro de cada componente del sistema, especificando: ubicación, profundidad y especificaciones técnicas	-	Tarifa ordinaria	1. Los estudiantes de la Universidad Nacional elaborarán un mapa de líneas base que incluya los detalles técnicos y la ubicación geoespacial de los componentes del sistema del acueducto La Garita según la información proporcionada por el profesional encargado del servicio de fontanería. 2. Los miembros de la ASADA La Garita recibirán el producto (mapa) el cual requerirá su actualización conforme se realicen ampliaciones/modificaciones en la infraestructura, por lo que se procurará obtener el contacto de un profesional en Ingeniería Hidrológica que pueda realizar estas actualizaciones a futuro según disponibilidad de recursos económicos de la ASADA.	Estudiantes de la Universidad Nacional de Costa Rica.	mar-21	dic-21
Infraestructura	Registro de infraestructura	Deterioro de la calidad del sistema por utilizar componentes que sobrepasan su vida útil	Realizar un plan de sustitución de aquellos componentes que han cumplido su vida útil	37,500,000	Bitácueta de fondos	1. Realizar una cotización de los materiales necesarios para cambiar los 2400 metros de tubería de 4" y los 800 metros de tubería de 2" de diámetro que sobrepasan su vida útil. 2. Estimar la cantidad de dinero que puede ser destinado para el cambio de tubería que ha sobrepasado su vida útil. De acuerdo con el valor estimado de los materiales calcular la cantidad de metros de tubería que puede ser reemplazado en ese periodo (incluye mano de obra y accesorios). 3. Realizar el cambio respectivo de tubería.	ASADA	ene-23	dic-29

Sello de Calidad	Mantenimiento	Contaminación de las fuentes causada por falta de mantenimiento	Crear un plan de mantenimiento y llevar una bitácueta detallada con las mejoras realizadas a cada fuente	-	Tarifa ordinaria	1. La ASADA La Garita, mediante la persona encargada de la secretaría, elaborará un documento escrito en que especifique el protocolo de mantenimiento de las redes del acueducto y la limpieza de los tanques de almacenamiento que realizan actualmente. Este desglosará el paso a paso que debe seguir el profesional en fontanería, incluido mantener la bitácueta de mantenimiento del acueducto actualizada, con el fin de que sea una referencia clara para futuros profesionales o autoridades de entes públicos que realicen revisiones del plan de mantenimiento del acueducto. 2. Los estudiantes de la Universidad Nacional, entregarán una plantilla de bitácueta digital en el programa Microsoft Excel que indique la información base que debe ingresarse. Los colaboradores de la ASADA La Garita pueden modificarla según su conveniencia para la inclusión de mayor información de acuerdo con el nivel organizacional definido. 3. Se detallarán las actividades de mantenimiento en la bitácueta digital, las cuales serán escogidas todo el equipo de trabajo (Junta de la ASADA y estudiantes de la UNNA). 4. Se alimentarán los datos de la bitácueta digital con los datos recogidos por el profesional en fontanería periódicamente, con el fin de tener un respaldo digital de todas las actividades y mejoras que se realizan, para esta tarea se considera indispensable la cooperación entre la persona encargada de la secretaría de la ASADA y la persona encargada del área de fontanería.	Carlos Rodríguez Cordero, Miguel Álvarez Moreno, Noemí Flores Cambonero.	ene-22	ene-22
Sello de Calidad	Mantenimiento	Deterioro de los tanques y redes por falta de un correcto mantenimiento	Crear un plan de mantenimiento y limpieza de los tanques y redes, llevar en bitácueta la ejecución del plan	-	-	1. La ASADA La Garita, mediante su secretaría, elaborará un documento escrito en que especifique el protocolo de mantenimiento de las redes del acueducto y la limpieza de los tanques de almacenamiento que realizan actualmente. Este desglosará el paso a paso que debe seguir el profesional en fontanería, incluido mantener la bitácueta de mantenimiento del acueducto actualizada, con el fin de que sea una referencia clara para futuros profesionales o autoridades de entes públicos que realicen revisiones del plan de mantenimiento del acueducto. 2. Los estudiantes de la Universidad Nacional, entregarán una plantilla de bitácueta digital en el programa Microsoft Excel que indique la información base que debe ingresarse. Los colaboradores de la ASADA La Garita pueden modificarla según su conveniencia para la inclusión de mayor información de acuerdo con el nivel organizacional definido. 3. Se le procurará un custodio y lapicero de fácil transporte al profesional de fontanería, el cual tendrá la tarea de llevarlo a todos sus trabajos en campo y anotar en detalle las labores realizadas y demás información específica la cual debe coincidir con la plantilla digital. Esta información será transcrita por la secretaría de la ASADA La Garita en la plantilla digital de la bitácueta.	Noemí Flores Cambonero, Emertis Zulliga.	ene-22	feb-22

Emergencias	Planificación	Desabastecimiento de agua durante el desastre	Identificar, documentar e incorporar al plan de gestión de riesgos las fuentes alternativas de agua en caso de un desastre	-	<p>1. Se considerará como primer acercamiento a fuentes alternativas las alianzas con ASADAS vecinas. Se prevé que estas alianzas permitan generar un documento formal en el cual se establezca que los acueductos subsanarán la necesidad del servicio de agua potable a la comunidad afectada (La Garita y viceversa) en caso de un desastre, siempre y cuando exista suficiente disponibilidad hídrica.</p> <p>2. Se realizará un documento (registro) para la identificación de las fuentes alternativas de agua con mayor cercanía a La Garita. Este documento debe incluir: el nombre de la fuente (Ej. río Sapoa, naciente Dulce Nombre), la ubicación (dirección), el propietario del terreno en donde se localiza el potencial lugar de captación, descripción general del sitio de la fuente de agua (vegetación, propiedades organolépticas del agua (color, olor) y fotografías del lugar y la fuente de agua.</p> <p>3. Una vez identificadas y documentadas las fuentes, la ASADA La Garita iniciará un proceso de diálogo con los propietarios de los terrenos con el fin de llegar a un acuerdo en que se le brinde autorización a la ASADA de captar agua de las fuentes identificadas en caso de un desastre.</p> <p>4. La ASADA La Garita solicita apoyo al AYA, mediante la Oficina Regional de Acueductos Rurales (Victor Hugo Chacón), para una capacitación respecto al protocolo de respuesta comunal ante la necesidad de consumo de agua de fuentes alternativas no tratadas debido a un desastre.</p> <p>5. La ASADA elabora un documento escrito que describa el protocolo acordado a seguir respecto a las fuentes alternativas de agua en caso del desastre (este incluye las fuentes identificadas, los acuerdos con otras ASADAS y los daños de los terrenos en que se localizan las fuentes alternativas y la capacitación brindada por el AYA).</p>	Sebastián Víctor, Leovigilda Víchez, Cristina Ramos.	ene-22	feb-22
Emergencias	Organización	Desarticulación de apoyos entre ASADAS	Coordinar alianzas entre ASADAS vecinas para proveer apoyo mutuo en caso de emergencias	Tarifa ordinaria	<p>1. Se realizará un primer acercamiento por parte de los miembros de la junta directiva de la ASADA La Garita con miembros de ASADAS vecinas que se consideren como aliados potenciales ante emergencias, además, se considerará la posibilidad de compartir experiencias y conocimientos entre ambas.</p> <p>2. En el caso de que ambas ASADAS estén de acuerdo con aliarse para mejorar la capacidad de respuesta ante posibles emergencias, se deberá realizar en conjunto, un análisis de las posibles amenazas al servicio que brindan ambas ASADAS.</p> <p>3. Posteriormente y manteniendo el principio de unidad entre ambas ASADAS, se recomienda iniciar por la elaboración de planes para solventar posibles crisis, para esto se pueden apoyar con el plan GIRA que se generó para la ASADA La Garita.</p> <p>Nota: se debe tomar en cuenta giras y los vísticos de las personas que asisten a estas.</p>	Sebastián Víctor, Leovigilda Víchez, Cristina Ramos.	ene-22	ene-22

Anexo 9. Plan de propuestas correctivas ASADA La Garita

Fuente: Elaboración propia, 2021

Nº de Referencia:	A-20/121559	Registrada en:	AGQ Lambda	Cliente(*):	LABSERVICES LABORATORIO DE AGUAS Y ALIMENTOS, S.A.
Análisis:	A-L8D-1003	Centro Análisis:	AGQ Lambda	Domicilio (*):	Ajajuelo, Naranjo, Concepción 150mts oeste de la escuela José del Olmo
Tipo Muestra:	AGUA CONSUMO	Fecha Recepción:	28/10/2020	Contrato:	LA20-0878
Fecha Inicio:	29/10/2020	Fecha Fin:	30/10/2020	Cliente 3º(*):	---
Descripción(*):	Oficina del acueducto				

Fecha/hora Muestreo:	27/10/2020	Muestreado por:	Personal AGQ
Lugar de Muestreo:	Asada La Garita, Guanacaste, La Cruz, La Garita	PNT Muestreo:	PT-09

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA	PNT	Lim Cuantif/ Detec (1)
Mediciones in Situ						
Cloro Residual Combinado in situ	No Aplica	mg/L	-	1,00 - 1,80 mg/L	PT-24 SM 4500 G Ed 23	0,10 mg/L
Cloro Residual Libre in situ	0,54	mg/L	±0,04	0,30 - 0,60 mg/L	PT-24 SM 4500 G Ed 23	0,10 mg/L
pH in situ	6,42		±0,08	6,00 - 8,00	PT-08 SM 4500 B Ed 23	1,00
Temperatura in situ	26,4	°C	±0,6	18,0 - 30,0 °C	PT-15 SM 2550 B Ed 23	4,0 °C
Parámetros Organolépticos						
* Olor	Aceptable		-	Aceptable	SM 2150 B Ed 23	0,00
Parámetros Físico-Químicos						
Color Aparente	5,00	uPt Co	±0,22	15,0	PT-58 SM 2120 B Ed 23	0,00 uPt Co
Conductividad Eléctrica	140	µS/cm a 25°C	±2,4		PT-07 SM 2510 B Ed 23	0,1 µS/cm a 25°C
Turbidez	2,20	NTU	±0,20	5,00	PT-20 SM 2130 B Ed 23	0,20 NTU
Microbiología						
Coliformes Fecales	Ausente	NMP/100mL	-	Ausente	PT-14 SM 9223 A, B (Culture) Ed 23	1,00 NMP/100mL
Escherichia Coli	Ausente	NMP/100mL	-	Ausente	PT-14 SM 9223 A, B (Culture) Ed 23	1,00 NMP/100mL

Nota: Los Resultados de este Informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este Informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las Incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

Los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación.

E-01 (Anexo 10) Informe de un análisis físico-químico realizado en la red del acueducto de la ASADA La Garita

Anexo 10. Informe representativo de un análisis físico-químico realizado en la red del acueducto de la ASADA La Garita

Fuente: Elaboración propia, 2021