

Universidad Nacional, Costa Rica  
Sede Regional Chorotega  
Campus Liberia

**“Propuesta para el abastecimiento de agua potable mediante el diseño de un  
acueducto para la comunidad de Los Andes de La Cruz, Guanacaste, Costa Rica”**

Trabajo Final de Graduación – Modalidad Proyecto Final  
Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Hidrológica

**Sustentante:**

Elsa Soto Orozco  
5 0444 0447

**Equipo asesor:**

MSc. Erik Orozco Orozco  
*Grupo El Encanto*

Dr. Ronald Sánchez Brenes

*Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco (CEMEDE)*

MSc. William Gómez Solís

*Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco (CEMEDE)*

Liberia, Guanacaste, Costa Rica

Abril, 2025

**Acta de Jurado examinador**

El Proyecto Final de Graduación titulado **“Propuesta para el abastecimiento de agua potable mediante el diseño de un acueducto para la comunidad de Los Andes de La Cruz, Guanacaste, Costa Rica”**

---

**Dr. Darinka Grbic Grbic**

Representante de Decanatura, Sede Regional Chorotega

---

**Elena Dorado Mayorga**

Director Académico Universidad Nacional, Campus Liberia

---

**MSc. Erik Orozco Orozco**

Tutor/Supervisor

---

**Dr. Ronald Sánchez Brenes**

Lector

---

**MSc. William Gómez Solís**

Lector

## **Agradecimientos**

Primeramente agradecerle a Dios por darme la fuerza y la sabiduría, por sostenerme cuando lo necesite y por las bendiciones necesarias para cumplir cada etapa de este proceso.

A mis padres, Elsa Orozco y Oscar Soto por brindarme su apoyo incondicional y amor a lo largo de mi vida. A mis tres hermanos mayores Oscar, Jafeth y Erick, por nunca dudar de mí y apoyarme en cada etapa de mi vida, también, a mis sobrinos Thiago, Andrea, Mateo y Nidia por entender muchas veces porque tía estaba ocupada. Asimismo, a mi pilar fundamental a mi abuela materna Feliciano López por siempre estar pendiente de mí y colocarme en cada una de sus oraciones. A mi hija de corazón Samantha y a mis ángeles que siempre estarán en mi corazón.

Agradezco profundamente a mi equipo asesor, conformado por el tutor MSc. Erik Orozco Orozco y dos lectores Dr. Ronald Sánchez Brenes y MSc. William Gómez Solís, los cuales, fueron fundamentales para el desarrollo en cada una de las etapas de este proyecto.

A la comunidad de Los Andes por permitirme aportar mi granito de arena a la comunidad por medio de este proyecto y en especial a Lidieth Espinoza por siempre estar atenta a cualquier información que fuera necesaria para el proyecto. A la Municipalidad de La Cruz principalmente al alcance Alonso Alán y la Gestora de Proyecto Hannia Zepeda que estuvieron presente en este proceso. Al Grupo Empresarial El Encanto S.A por confiar en mí y respaldarme en este proceso. Al Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (HIDROCEC) que aportaron en la realización de una prueba de calidad de agua para la comunidad.

A mis amigas y futuras colegas Mariana Campos, Adriana Alvarado y Darianna Chavarría que hicieron que este camino fuera menos pesado por medio de sus risas, abrazos y apoyo incondicional, asimismo, a sus familias que me abrieron las puertas de su casa en cualquier momento que lo necesite.

Al señor Herberth Torres por apoyarme desde el colegio y mi etapa universitaria siendo pieza clave en mi formación profesional. También a mis primas Yeraldin Vásquez y Sara Chaves que siempre me apoyaron y brindaron palabras de aliento cada vez que era necesario. Por último a cada una de las personas que aportaron en este trayecto de cierta manera.

*Siempre estaré agradecida con cada uno por su apoyo y palabras de aliento.*

### **Dedicatoria**

Con amor y gratitud a mi familia y seres queridos que estuvieron en cada alegría, tristeza y frustración durante este camino que con sus abrazos, palabras de aliento y oraciones fueron mis fuerzas para cumplir cada una de mis metas y nunca rendirme. En especial se lo dedico a mi compañero y mi guía que sé que desde el cielo ha estado presente en cada etapa importante de mi vida a mi abuelo Dennis Orozco (Q.E.P.D) sé que estarías muy orgulloso de mí y a mi maestro Juan Brenes (Q.E.P.D) que confió en mi potencial y sembró esa semilla de esperanza que podría lograr todo lo que quisiera.

## Índice de Contenidos

Acta de Jurado examinador .....	ii
Agradecimientos .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Índice de Contenidos .....	v
Índice de Cuadros.....	viii
Índice de Figuras .....	ix
Índice de Anexos .....	x
Lista de Abreviaturas .....	xi
Resumen Ejecutivo.....	xii
Summary .....	xiii
Capítulo 1. Introducción .....	1
1.1.    Introducción general a la temática .....	1
1.2.    Planteamiento del problema específico .....	2
1.3.    Justificación.....	3
1.4.    Objetivos .....	4
1.4.1 Objetivo General .....	4
1.4.2. Objetivos Específicos .....	4
1.5.    Alcances y Limitaciones .....	4
1.5.2 Alcances.....	4
1.5.3. Limitaciones .....	5
1.6.    Desglose del reporte .....	5
Capítulo 2. Antecedentes .....	8
2.1. Caracterización y descripción del sitio de estudio.....	8
2.1.1 Información biofísica .....	8
2.1.2 Información Hidrológica .....	10
2.1.3. Información Demográfica.....	11
2.1.4 Información de clase de suelos .....	11
2.1.5 Información del relieve .....	12
2.2. Actividades socioeconómicas asociadas.....	12
2.3. Instituciones Costarricenses para la gestión del recurso hídrico .....	14
2.4. Estudios previos de propuesta de diseño de acueductos en Costa Rica.....	15
Capítulo 3. Marco Teórico .....	17

3.1. Definición de conceptos claves .....	17
3.1.1. Acueducto .....	17
3.2. Componentes básicos de un acueducto .....	19
3.2.1. Fuente de abastecimiento .....	19
3.2.2. Sistema de captación .....	20
3.2.3. Sistema de potabilización de agua .....	21
3.2.4. Sistema de desinfección de agua .....	21
3.2.5. Dosificadores.....	22
3.2.6. Sistema de almacenamiento de agua.....	22
3.2.7. Red de distribución.....	22
3.2.8. Prevista .....	23
3.3. Teorías y prácticas de referencias.....	23
3.3.1. Periodo de diseño .....	23
3.3.2. Obra de captación y toma.....	24
3.3.3. Planta potabilizadora .....	24
3.3.4. Tanque de almacenamiento.....	24
3.3.5. Tubería de aducción, conducción, distribución y estación de bombeo .....	25
3.4. Periodo de diseño .....	25
3.5. Consumo de agua de la población .....	27
3.5.1 Caudal promedio .....	28
3.5.2 Caudal máximo diario.....	29
3.5.3 Caudal máximo horario .....	29
Capítulo 4. Estudio de prefactibilidad.....	30
4.1 Prefactibilidad Técnico .....	30
4.2 Prefactibilidad Financiera.....	31
4.3. Prefactibilidad Legal.....	32
4.4. Prefactibilidad Ambiental.....	35
4.5. Prefactibilidad Social.....	36
Capítulo 5. Diseño Metodológico .....	38
5.1. Tipo de investigación .....	38
5.2. Población y muestra del estudio .....	38
5.3. Proceso metodológico Sseleccionado .....	39
5.3.1 Herramientas tecnológicas computacionales seleccionadas.....	40
5.4. Descripción general de la metodología propuesta.....	40

5.4.1. Evaluar las posibles fuentes de abastecimientos de agua potable mediante una revisión de estudios para la selección de la fuente óptima para la comunidad de Los Andes.....	40
5.4.2. Estimar la dotación hídrica para la cuantificación de la demanda de agua potable en la población de Los Andes mediante la Norma Técnica de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable de Saneamiento y Sistema Pluvial del AyA. ....	41
5.4.3. Dimensionar hidráulicamente la fuente, tanque de almacenamiento y red de distribución para la simulación operativa del sistema de acueducto utilizando del software Epanet. ....	43
5.4.4. Confeccionar el informe técnico y los planos hidráulicos en conjunto con las especificaciones técnicas del sistema de acueducto por medio del software AutoCAD para futura implementación para el acueducto. ....	43
5.4.5. Estimar los costos de inversión para la implementación del acueducto en Los Andes de La Cruz, Guanacaste.....	44
5.5. Presupuesto y Cronograma .....	44
5.6. Ética en la investigación.....	45
Capítulo 6. Resultados y Discusión.....	47
6.1. Análisis de resultados de acuerdo con los objetivos.....	47
6.1.1. Objetivo específico 1 .....	47
6.1.2. Objetivo Especifico 2 .....	53
6.1.3. Objetivo Específico 3.....	54
6.1.4. Objetivo Especifico 4 .....	61
6.1.5. Objetivo Especifico 5 .....	62
6.2.1. Discusión de principales hallazgos.....	65
6.2.2. Discusión sobre cumplimiento de objetivos.....	71
6.3. Discusión sobre cumplimiento de metodología .....	74
Capítulo 7. Conclusiones y Recomendaciones .....	75
7.1. Conclusiones.....	75
7.1.2. Objetivos específicos.....	75
7.1.2 Stakeholders .....	76
7.2. Recomendaciones.....	77
7.2.1 Objetivos Específicos .....	77
7.2.2. Stakeholders .....	77
Referencias bibliográficas .....	79
Anexos .....	85

## Índice de Cuadros

<b>Cuadro 2. 1.</b> Actividades socioeconómicas desarrollada en La Cruz, Guanacaste. ....	13
<b>Cuadro 2. 2.</b> Documentos de referencia enfocados en propuestas de diseño de acueducto. ....	15
<b>Cuadro 3. 1.</b> Métodos implementados en la desinfección de agua potable.....	21
<b>Cuadro 3. 2.</b> Periodos de diseño de tubería de aducción, conducción, distribución y estación de bombeo.....	25
<b>Cuadro 3. 3.</b> Cálculo de servicios equivalentes de acuerdo con el tipo de actividad a desarrollar. ....	26
<b>Cuadro 4. 1.</b> Herramientas de procesamiento, recursos materiales y digitales necesarios para la elaboración del proyecto.     30	
<b>Cuadro 4. 2.</b> Inversión de equipo.....	31
<b>Cuadro 4. 3.</b> Presupuesto global del proyecto.....	32
<b>Cuadro 4. 4.</b> Marco legal asociado al proyecto “Propuesta para el abastecimiento de agua potable mediante el diseño de un acueducto para la comunidad de Los Andes de La Cruz, Guanacaste, Costa Rica”. ....	32
<b>Cuadro 4. 5.</b> Actores sociales involucrados en el proyecto. ....	36
<b>Cuadro 6. 1.</b> Servicios equivalentes para la estimación del número de acometidos domiciliarios para la comunidad de Los Andes de La Cruz.....	53
<b>Cuadro 6. 2.</b> Caudales obtenidos para el año 2024. ....	54
<b>Cuadro 6. 3.</b> Caudales obtenidos para el año 2050. ....	54
<b>Cuadro 6. 4.</b> Golpe de ariete en línea de impulsión.....	55
<b>Cuadro 6. 5.</b> Volúmenes para el diseño del tanque de almacenamiento para el año 2024 y 2050 para el acueducto de Los Andes, La Cruz, Guanacaste.....	56
<b>Cuadro 6. 6.</b> Costos materiales para el sistema de almacenamiento del acueducto de los Andes. ....	62
<b>Cuadro 6. 7.</b> Costos materiales para la red de distribución del acueducto de los Andes..	63
<b>Cuadro 6. 8.</b> Costos materiales para el sistema de bombeo del acueducto de los Andes.	63
<b>Cuadro 6. 9.</b> Costos materiales para el clorador del acueducto de los Andes. ....	64
<b>Cuadro 6. 10.</b> Costo de maquinaria del acueducto de los Andes.....	65
<b>Cuadro 6. 11.</b> Costos de mano de obra del acueducto de los Andes. ....	65

## Índice de Figuras

<b>Figura 2. 1.</b> Mapa de ubicación de la zona de estudio Los Andes, La Cruz, Guanacaste. .	8
<b>Figura 2. 2.</b> Rango de precipitación del distrito La Garita, La Cruz, Guanacaste. ....	9
<b>Figura 2. 3.</b> Rango de temperatura del distrito La Garita, La Cruz, Guanacaste. ....	10
<b>Figura 2. 4.</b> Red hidrológica del distrito La Garita, La Cruz, Guanacaste. ....	10
<b>Figura 2. 5.</b> Tipo de suelo del distrito La Garita, La Cruz, Guanacaste. ....	11
<b>Figura 2. 6.</b> Fotografías específicas de las actividades socioeconómicas de La Cruz. ....	13
<b>Figura 3. 1.</b> Partes de un sistema de abastecimiento de agua potable. ....	17
<b>Figura 3. 2.</b> Acueducto distribuido por gravedad. ....	18
<b>Figura 3. 3.</b> Acueducto distribuido por bombeo. ....	19
<b>Figura 5. 1.</b> Fases para culminar el proyecto. ....	39
<b>Figura 6. 1.</b> Etapas para la construcción de un pozo de agua en Costa Rica.     48	
<b>Figura 6. 2.</b> Pozo perforado en la comunidad de Los Andes, La Cruz, Guanacaste. ....	50
<b>Figura 6. 3.</b> Muestreo en la Escuela de Los Andes de La Cruz, Guanacaste. ....	50
<b>Figura 6. 4.</b> Preparación de las muestras para la prueba de calidad de agua en HIDROCED. ....	51
<b>Figura 6. 5.</b> Ciclo del proyecto de la Guía para el desarrollo de proyectos de infraestructura de acueductos administrados por ASADAS. ....	51
<b>Figura 6. 6.</b> Trayecto de la propuesta de la tubería de La Garita hasta Los Andes, La Cruz, Guanacaste. ....	52
<b>Figura 6. 7.</b> Velocidad y presión en la línea de conducción del acueducto de Los Andes	57
<b>Figura 6. 8.</b> Velocidad y presión en línea de impulsión para el acueducto de Los Andes.	57
<b>Figura 6. 9.</b> Caudal en la línea de impulsión del acueducto de Los Andes. ....	58
<b>Figura 6. 10.</b> Abonados de la comunidad de Los Andes, La Cruz, Guanacaste. ....	58
<b>Figura 6. 11.</b> Diseño de la red de distribución y elevaciones del acueducto de Los Andes. .....	59
<b>Figura 6. 12.</b> Velocidades y presiones en la red de distribución del acueducto de Los Andes, La Cruz, Guanacaste. ....	59
<b>Figura 6. 13.</b> Velocidades y presiones en el 2050 para la red de distribución del acueducto de Los Andes, La Cruz, Guanacaste. ....	61
<b>Figura 6. 14.</b> Croquis de la comunidad de Los Andes de manera sectorización .....	67
<b>Figura 6. 15.</b> Posible fuente de abastecimiento para el acueducto de Los Andes de La Cruz, Guanacaste. ....	69
<b>Figura 6. 16.</b> Terreno posible ubicación del tanque de almacenamiento del acueducto de Los Andes de La Cruz, Guanacaste. ....	70

## Índice de Anexos

<b>Anexo 4. 1.</b> Presupuesto global detallado del proyecto.....	85
<b>Anexo 5. 1.</b> Diagrama de Gantt con las actividades propuestas para la ejecución del proyecto.....	87
<b>Anexo 6. 1.</b> Prueba de calidad de agua en la fuente de abastecimiento de la comunidad de Los Andes en el periodo del 2021.....	88
<b>Anexo 6. 2.</b> Prueba de calidad de agua tipo N1 en la fuente de abastecimiento de la comunidad de Los Andes en el periodo del 2022. ....	89
<b>Anexo 6. 3.</b> Prueba de calidad de agua tipo N2 en la fuente de abastecimiento de la comunidad de Los Andes en el periodo del 2022. ....	90
<b>Anexo 6. 4.</b> Prueba de calidad de agua tipo N3 en la fuente de abastecimiento de la comunidad de Los Andes en el periodo del 2022. ....	91
<b>Anexo 6. 5.</b> Pozo perforado en 2016 por parte del ICE en convenio AyA.....	92
<b>Anexo 6. 6.</b> Naciente que abastece la Escuela de Los Andes. ....	92
<b>Anexo 6. 7.</b> Longitud por tramo del acueducto para la comunidad de Los Andes de La Cruz. ....	93
<b>Anexo 6. 8.</b> Demanda del caudal actual en cada nodo del acueducto en el 2024 para la comunidad de Los Andes de La Cruz. ....	93
<b>Anexo 6. 9.</b> Demanda del caudal en cada nodo del acueducto en el 2050 para la comunidad de Los Andes de La Cruz. ....	93
<b>Anexo 6. 10.</b> Propuesta de diseño del tanque de almacenamiento en vista de perfil acueducto de Los Andes, La Cruz.....	94
<b>Anexo 6. 11.</b> Propuesta de diseño del tanque de almacenamiento en vista de planta acueducto de Los Andes, La Cruz.....	95
<b>Anexo 6. 12.</b> Propuesta de diseño de la línea de impulsión del acueducto de Los Andes, La Cruz.....	96
<b>Anexo 6. 13.</b> Propuesta de diseño de la red de distribución del acueducto de Los Andes, La Cruz.....	97
<b>Anexo 6. 14.</b> Informe Técnico para la ASADA de Los Andes de La Cruz. ....	98

## Lista de Abreviaturas

**ANC:** Agua No Contabilizada.

**ARESEP:** Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos.

**ASADAS:** Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales.

**AyA:** Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

**CFIA:** Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica

**COENO:** Comisión Técnica Consultiva Nacional del Fenómeno ENOS (Del Niño).

**DINADECO:** Dirección Nacional de Desarrollo de la Comunidad.

**EBAIS:** Equipo Básicos de Atención Integral a la Salud.

**Fe:** Hierro.

**HIDROCEC:** Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe.

**ICE:** Instituto Costarricense de Electricidad.

**INDER:** Instituto de Desarrollo Rural.

**INEC:** Instituto Nacional de Estadística y Censos.

**MAG:** Ministerio de Agricultura y Ganadería.

**MIDEPLAN:** Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica.

**MINSA:** Ministerio de Salud.

**MINAE:** Ministerio de Ambiente y Energía.

**N1:** Nivel Primero.

**N2:** Nivel Segundo.

**N3:** Nivel Tercero.

**OMS:** Organización Mundial de la Salud.

**ONGs:** Organizaciones no Gubernamentales.

**SENARA:** Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento.

**SETENA:** Secretaria Técnica Nacional Ambiental.

**SNIT:** Instituto Geográfico Nacional.

## Resumen Ejecutivo

La presente investigación aborda un enfoque hidrológico en el diseño de acueductos, proporcionando una base científica para garantizar la disponibilidad, cantidad y calidad del agua necesaria para un suministro sostenible que satisfaga las demandas de la comunidad a largo plazo. El proyecto se desarrolló en Los Andes, una comunidad rural del cantón de La Cruz, Guanacaste, cercana a la frontera con Nicaragua, que ha carecido de agua potable por muchos años. La propuesta de diseño del acueducto se realizó por etapas para cumplir con los objetivos planteados. Inicialmente, se llevaron a cabo reuniones con la Municipalidad de La Cruz y la comunidad de Los Andes para comprender sus necesidades y alinear esfuerzos con los actores locales. Además, se realizaron giras de campo que incluyeron levantamientos topográficos para determinar la precisión del terreno y evaluar la condición de la fuente de abastecimiento. Se estimó la población actual y se proyectó su crecimiento para 2050, calculando así los caudales necesarios (l/s) para ambos escenarios. Utilizando el software Epanet, se modelaron la línea de impulsión y la red de distribución, analizando velocidades (m/s) y presiones (m) del flujo para garantizar el cumplimiento de la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable. Finalmente, con los datos obtenidos, se elaboraron planos hidráulicos e informes técnicos, permitiendo estimar costos de materiales, mano de obra y maquinaria. Esta propuesta busca mejorar la calidad de vida de los habitantes mediante el acceso a agua potable, promoviendo un desarrollo sostenible para la comunidad.

**Palabras claves:** abastecimiento, acueducto, caudal, diseños hidráulicos, modelación, sostenibilidad.

### **Abstract**

This research addresses a hydrological approach to aqueduct design, providing a scientific basis for ensuring the availability, quantity and quality of water needed for a sustainable supply to meet community demands over the long term. The project was developed in Los Andes, a rural community in the canton of La Cruz, Guanacaste, near the Nicaraguan border, which has lacked potable water for many years. The aqueduct design proposal was carried out in stages to meet the proposed objectives. Initially, meetings were held with the Municipality of La Cruz and the community of Los Andes to understand their needs and align efforts with local stakeholders. In addition, field tours were conducted, including topographic surveys to determine the accuracy of the terrain and evaluate the condition of the supply source. The current population was estimated, and its growth was projected to 2050, thus calculating the necessary flows (l/s) for both scenarios. Using Epanet software, the impulsion line and the distribution network were modeled, analyzing flow velocities (m/s) and pressures (m) to ensure compliance with the Technical Standard for the Design and Construction of Drinking Water Supply Systems. Finally, the data obtained were used to prepare hydraulic plans and technical reports, allowing us to estimate the cost of materials, labor and machinery. This proposal seeks to improve the quality of life of the inhabitants through access to drinking water, promoting sustainable development for the community.

**Key words:** supply, water supply, flow, hydraulic designs, modeling, sustainability.

## Capítulo 1. Introducción

En el presente capítulo se sintetiza la información introductoria, con el fin, de brindar una contextualización del desarrollo del proyecto, donde se abordan temas principales como la problemática que afecta la comunidad de Los Andes, la justificación del proyecto, objetivos, alcances y limitaciones que se generan en el proyecto, en su periodo de elaboración.

### 1.1. Introducción general a la temática

El acceso de agua potable es una necesidad fundamental que es requerida por toda población, el abastecimiento y condición de dicho recurso. Por lo tanto, en la actualidad, el acceso de agua potable es considerado como un indicador del desarrollo socioeconómico sostenible de una comunidad (Luna, *et al.*, 2012). Según Salazar (2017), indica que el 99,2% de la población costarricense dispone con abastecimiento de agua potable con fuentes mejoradas para dicho consumo. Asimismo, señala que el agua no potable es aquella que es consumida por hogares o comunidades que su fuente principal de abastecimiento es por pozos o manantiales que no son protegidos como fuentes de abastecimiento de agua.

En Costa Rica, cada día presenta diversos problemas referentes al tema del funcionamiento de sistema de abastecimiento de agua potable, debido a la falta de inversión en infraestructura, mejoras y mantenimiento por parte de las instituciones responsables (Corella-Blanco, 2020). Es importante resaltar que, estos problemas se presentan tanto en sistemas administrados por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), Municipalidades y Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales (ASADA) (Bejarano, 2013).

Valverde (2013), señala que uno de los factores delimitante a considerar con respecto al acceso y disponibilidad futuras del agua en el país se encuentra relacionado directamente con fenómeno del cambio climático que es provocado por factores antrópicos. Además, otro factor que influye en la eficiencia del servicio de agua potable es el sistema de distribución. En el país, se ha comprobado que una parte significativa del agua no está debidamente contabilizada, estimándose que la cifra alcanza aproximadamente el 50%.

Por lo cual, en el 2016 el AyA plantea la Norma Técnica para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable de Saneamiento y Sistema Pluvial, en el cual, establece los requisitos técnicos generales que son aplicados en los diseños o modelaciones de los

sistemas de abastecimientos de agua potable que son orientados al profesional para luego estos ser revisados y aprobados por el AyA. De igual manera en el 2005 se crea el Manual de Procedimiento para de la Categoría de Entes Operadores esto para promover el mejoramiento en las estructuras de los sistemas de abastecimiento de agua (Salazar, 2017).

## **1.2. Planteamiento del problema específico**

Para la comunidad de Los Andes ubicado en el cantón de La Cruz, Guanacaste, Costa Rica, se han identificado cinco factores internos y externos que han impactado directamente en el abastecimiento de agua potable:

Los Andes es una comunidad rural, por lo tanto, su abastecimiento por medio del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), no es posible. Por lo que, este debe de crear una organización comunal de tipo ASADA, sin embargo, a pesar de los años no han logrado este objetivo. En comparación a otros poblados más cercano como es la comunidad de La Garita han ofrecido colaborar como abastecedores de agua, sin embargo, el trayecto entre ambos poblados dificulta la implementación de esta solución.

La principal fuente de abastecimiento que utiliza el poblado de Los Andes, estas son abastecidas por nacientes o quebradas ubicadas dentro de las fincas ganaderas de la zona, por lo tanto, éstas no presentan algún tipo de tratamiento de calidad de agua potable. Además, las nacientes utilizadas no son suficientes para abastecer la demanda de los hogares en época seca.

Por otro lado, al ser un problema ya debidamente identificado desde hace varios años de la carencia de abastecimiento de agua potable en la comunidad, las acciones de parte del AyA de La Cruz, no ha propuesto alguna alternativa después del cierre del pozo por presencia de hierro que pretendía abastecer a la comunidad de Los Andes.

De acuerdo con Hall, et al. (2023) para el distrito de La Garita que pertenece la comunidad de Los Andes, evidencia un desarrollo relativo de nivel muy bajo (0,00 a 47,44) donde se clasifica con un valor de 42,63 y una posición 448. Al presentarse en esta posición evidencia que su calidad de vida es baja por su posición geográfica y grupo social, afectando así el acceso de servicios básicos como en este caso es el acceso de agua potable.

Por último, se encuentra el efecto de cambio climático que ha afectado durante los últimos años a nivel del país y como regional, especialmente a la provincia de Guanacaste,

lo cual, en la comunidad de Los Andes ha causado una reducción en sus nacientes por las sequías extremas generadas por el fenómeno atmosférico ENOS. En el Pacífico Norte de Costa Rica se ha registrado una de las zonas que presenta mayor afectación del recurso hídrico con una representación del 90% de sequía. A partir de este impacto en la provincia de Guanacaste se ha incrementado la acumulación del déficit hídrico, asimismo se ha registrado un promedio histórico en la Región Pacífico Norte en sus primeros siete meses del año, grandes pérdidas agrícolas, muerte del ganado y disminución en las fuentes de agua (Comisión Técnica Consultiva Nacional del Fenómeno ENOS (Del Niño), [COENOS], 2014).

### **1.3. Justificación**

El abastecimiento de agua potable es un factor indispensable para las actividades diarias de cualquier población. Sin este recurso vital, muchas de estas actividades se dificultan o se vuelven imposibles (Chinchilla, 2020). En promedio, una persona consume entre de 2 a 3 litros de agua al día, mientras que el uso total del agua dulce se distribuye aproximadamente en un 65% para el sector agrícola, un 25% para la industria y un 10% para el consumo humano.

La comunidad de Los Andes, objeto de este estudio, se encuentra en el distrito de La Garita, cantón de La Cruz, provincia de Guanacaste. Actualmente, enfrentan dos limitaciones importantes relacionadas con el abastecimiento de agua potable. Primero, carecen de una organización comunal tipo ASADA que gestione los recursos hídricos. Además, la ausencia de esta organización implica que no poseen un sistema de acueducto para el abastecimiento y distribución de agua potable.

En segundo lugar, el diseño de un sistema de acueducto para Los Andes resulta crucial para satisfacer la demanda hídrica del poblado. En la actualidad, el abastecimiento de agua proviene de nacientes o quebradas ubicadas en propiedades ganaderas de la zona lo que genera un problema significativo: el agua no cuenta con ningún tipo de tratamiento que cumpla con los estándares establecidos en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

En tercer lugar, desde la perspectiva social y ambiental, este proyecto tendría un impacto positivo. En el ámbito social, este garantizaría el acceso al agua potable para satisfacer las necesidades domésticas y económicas de los habitantes. Con respecto, al

ámbito ambiental, permitiría un consumo sostenible del recurso hídrico y un uso más eficiente del agua disponible.

De acuerdo con las tres pautas expuesta con anterioridad, la implementación de una propuesta de un diseño de un sistema de acueducto en Los Andes es importante resaltar la falta de apoyo gubernamental para la realización de estudios que permitan concretar propuestas para la resolución de este problema.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Elaborar una propuesta para el abastecimiento de agua potable mediante el diseño de un acueducto para la comunidad de Los Andes de La Cruz, Guanacaste, Costa Rica.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar las posibles fuentes de abastecimientos de agua potable mediante una revisión de estudios para la selección de la fuente óptima para la comunidad de Los Andes.
- Estimar la dotación hídrica para la cuantificación de la demanda de agua potable en la población de Los Andes mediante la Norma Técnica de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable de Saneamiento y Sistema Pluvial del AyA.
- Dimensionar hidráulicamente la captación, red de distribución y tanque de almacenamiento para la simulación operativa del sistema de acueducto utilizando del software Epanet.
- Confeccionar el informe técnico de diseño y planos hidráulicos en conjunto con las especificaciones técnicas del sistema de acueducto por medio del software AutoCAD para futura implementación para el acueducto.
- Estimar los costos de inversión para la implementación del acueducto en Los Andes de La Cruz, Guanacaste.

## **1.5. Alcances y Limitaciones**

En el presente apartado se detallan los alcances y limitaciones de este estudio:

### **1.5.2 Alcances**

En relación con los objetivos planteados en el proyecto los alcances son los siguientes:

- Este proyecto tiene como propósito generar un impacto dentro de la comunidad de Los Andes, La Cruz, como se ha mencionado, su realización

contribuirá al abastecimiento de agua potable de la cual carece por años este sector.

- Establecer la fuente de abastecimiento óptima, a partir de una investigación detallada de todas las opciones que presenta como pozos o unificación a la ASADA de La Garita para la comunidad de Los Andes, La Cruz, Guanacaste.
- El diseño del acueducto propuesta será de acuerdo con lo establecido por la Norma Técnica para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable de Saneamiento y Sistema Pluvial del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
- Se efectuará una propuesta de diseño que permita abastecer la población actual y futura durante un periodo de 25 años.
- Se elaborará un modelo y análisis hidráulico por medio de la utilización del software especializado Epanet, que permitirá evaluar el comportamiento del agua en la tubería.
- Se propondrá tuberías, accesorios y válvulas de acuerdo con la necesidad que presente la propuesta del diseño de acueducto para la comunidad de Los Andes.
- Se buscarán proponer costos de materiales, mano de obra, mantenimientos, entre otro con el fin de conocer la inversión económica que se presentara para la construcción del acueducto.

### **1.5.3. Limitaciones**

Las principales limitaciones de este proyecto estarían asociadas a la ausencia de una organización comunal como una Asociación Administradora de Sistema de Acueductos y Alcantarillados Comunales (ASADA), lo cual dificulta la recolección de información como cantidad de población, fuente de abastecimiento, demanda, oferta, entre otras. La segunda se relaciona con que se llegara a una fase de diseño, por lo cual, la comprobación de la operación del sistema no es posible validarla en este estudio. La última limitante, está asociada con las dificultades hidrológicas e hidrogeológicas de la zona, las cuales, que en primera instancia no son de alta producción hídrica por lo que la poca información representa un reto para la validación de posibles fuentes.

### **1.6. Desglose del reporte**

De acuerdo con Evans *et al.*, (2014) se contemplan y adaptaron 5 partes, así como una descripción de los capítulos a continuación:

## **Capítulo 1 - Introducción**

Por medio de este capítulo se introduce la problemática que presenta la comunidad de Los Andes de cantón de La Cruz, Guanacaste. Asimismo, las razones por las que se debe de desarrollar esta propuesta de diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, como también los objetivos, alcances y limitaciones. Por último, presentó un resumen de la descripción de cada capítulo desarrollado.

## **Capítulo 2 – Antecedentes**

Por medio de este capítulo, se contextualiza las instituciones encargadas en gestionar y abastecer agua potable en el país. Asimismo, como la descripción de la zona de estudio en ámbito tanto geográfico e hidrológicos. Finalizando, con una descripción de las actividades socioeconómicas y proyectos con similitud al estudio de caso presente en la comunidad de Los Andes.

## **Capítulo 3 – Marco teórico**

En este capítulo se abarcan conceptos para la comprensión del caso de estudio, donde se aborda de manera conceptual sobre el tema y el componente necesario para el desarrollo de un acueducto para mayor comprensión a la investigación.

## **Capítulo 4 – Estudio de Prefactibilidad**

A partir de este capítulo se analizó si el desarrollo del proyecto es viable o no en los distintos aspectos técnicos, legales, económicos, sociales y ambientales. Por ende, permite la identificación de la factibilidad del proyecto.

## **Capítulo 5 – Metodología**

En este capítulo se describe de manera detallada el proceso metodológico a seguir para cumplir el objetivo del proyecto. Asimismo, se describen las herramientas que se utilizaron para cumplir cada actividad.

## **Capítulo 6 – Resultados y Discusión**

En la sección de este capítulo se presentan los principales resultados y discusión de acuerdo con la metodología propuesta en el capítulo 5. Los cuales se exponen por objetivos planteados del proyecto y su respectivo proceso metodológico. Asimismo, se presenta los principales hallazgos y presentar la mejora en el desarrollo de la metodología propuesta con anterioridad en el capítulo 5.

## **Capítulo 7 – Conclusiones y Recomendaciones**

En este capítulo se describe el desenlace de este proyecto y una serie de recomendaciones de acuerdo con los objetivos planteados y para las partes interesadas relacionados con el desarrollo de la propuesta de un diseño de acueducto para la comunidad de Los Andes.

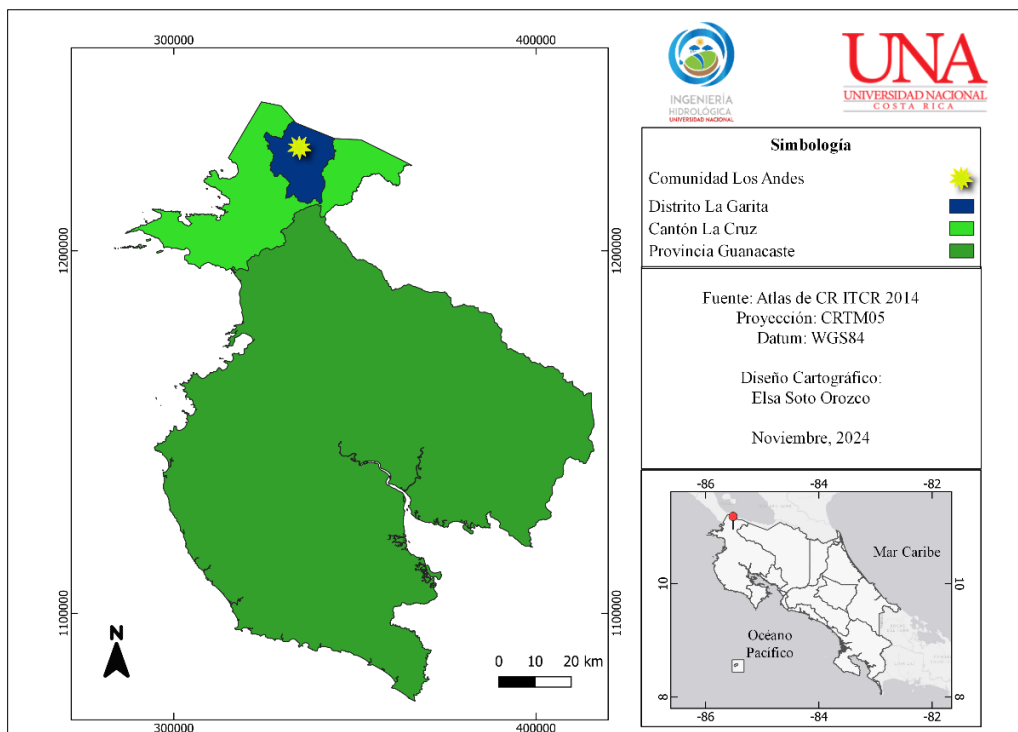
## Capítulo 2. Antecedentes

En el presente capítulo se abarcan los antecedentes del proyecto donde se realizó una descripción de las instituciones costarricense que gestionan el recurso hídrico del país. Además, se abarcaron generalidades para la comprensión del comportamiento de la zona de estudio como ubicación, precipitación, temperatura, ámbito demográfico. Por último, se abarcaron aspectos socioeconómicos de la zona y una revisión bibliográfica de proyectos con similitud a este.

### 2.1. Caracterización y descripción del sitio de estudio

El área del proyecto se ubica en Los Andes en el distrito de La Garita, donde corresponde al distrito N° 3 de La Cruz de la provincia de Guanacaste, Costa Rica. Corresponde a las coordenadas 11° 10'0" N, 85°32'59" O a 270 metros sobre el nivel del mar (Municipalidad de La Cruz, 2023).

**Figura 2. 1.** Mapa de ubicación de la zona de estudio Los Andes, La Cruz, Guanacaste.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

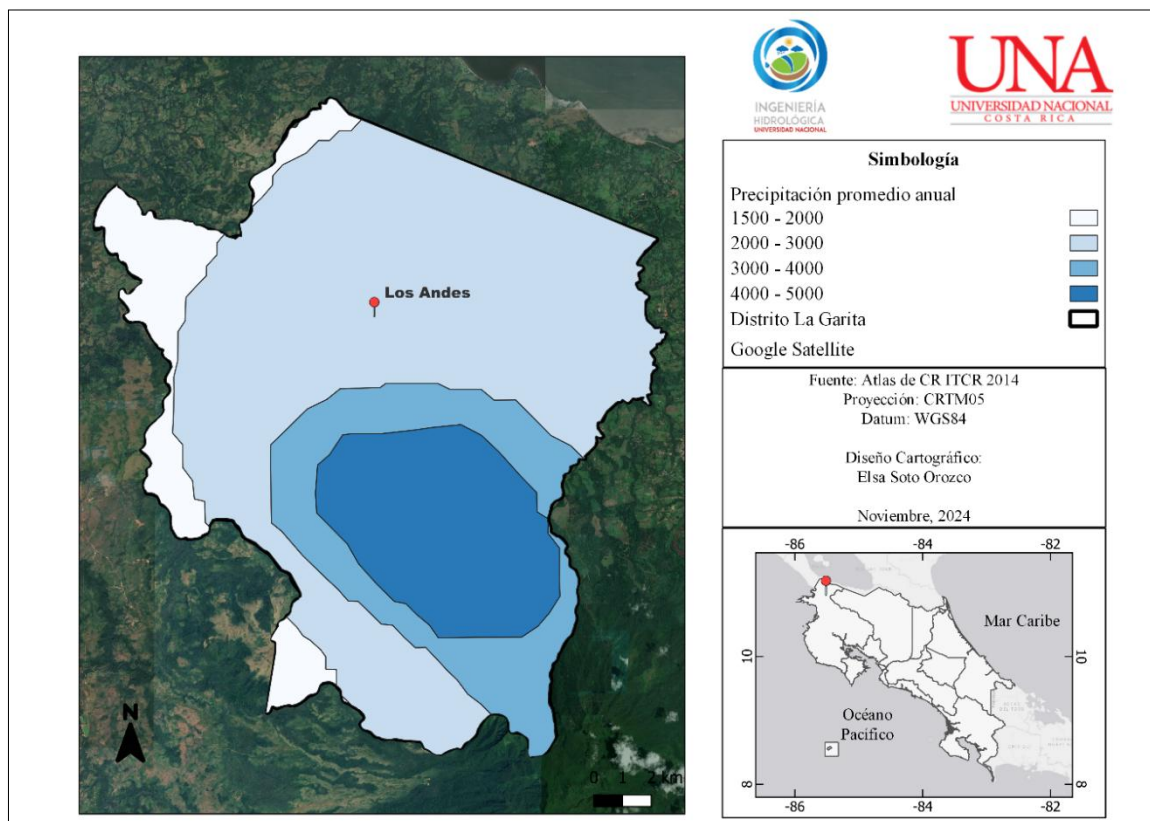
#### 2.1.1 Información biofísica

De acuerdo con el Instituto de Desarrollo Rural, [INDER] (2014), la condición climática en general de La Cruz se comprende de la siguiente manera: Bosque Seco

Tropical (bs-T), Bosque Húmedo Premontano (bh-P), Bosque Húmedo Tropical (bh-T), Bosque muy Húmedo Tropical (bmh-T), Bosque Pluvial Premontano (bp-P), Bosque Pluvial Montano Bajo (bp-MB). Sin embargo, a partir de la localidad de Los Andes, se evidencia una zona de vida de Bosque Húmedo Tropical (bh-T) (Dirección Nacional de Desarrollo de la Comunidad, [DINADECO], 2023).

La Cruz presenta un promedio de precipitación anual de 1 784 mm, sin embargo, la medida de los rangos de precipitación presenta una relación con la elevación del sitio, esto debido a que un clima tropical presenta un aumento de la elevación conlleva un aumento de las lluvias presente, donde se evidencia que para la zona de Los Andes su precipitación ronda entre los 1 501 a 2 000 mm (DINADECO, 2023). Asimismo, presenta un rango de temperatura entre los 27 °C a 29 °C, donde su máximo registro se presenta en los meses de marzo a mayo previo al inicio de la temporada lluviosa y desciende durante esta temporada. Sin embargo, en el mes de abril se registra la máxima temperatura media y en el mes de octubre la menor (Hidalgo, *et al.*, 2021).

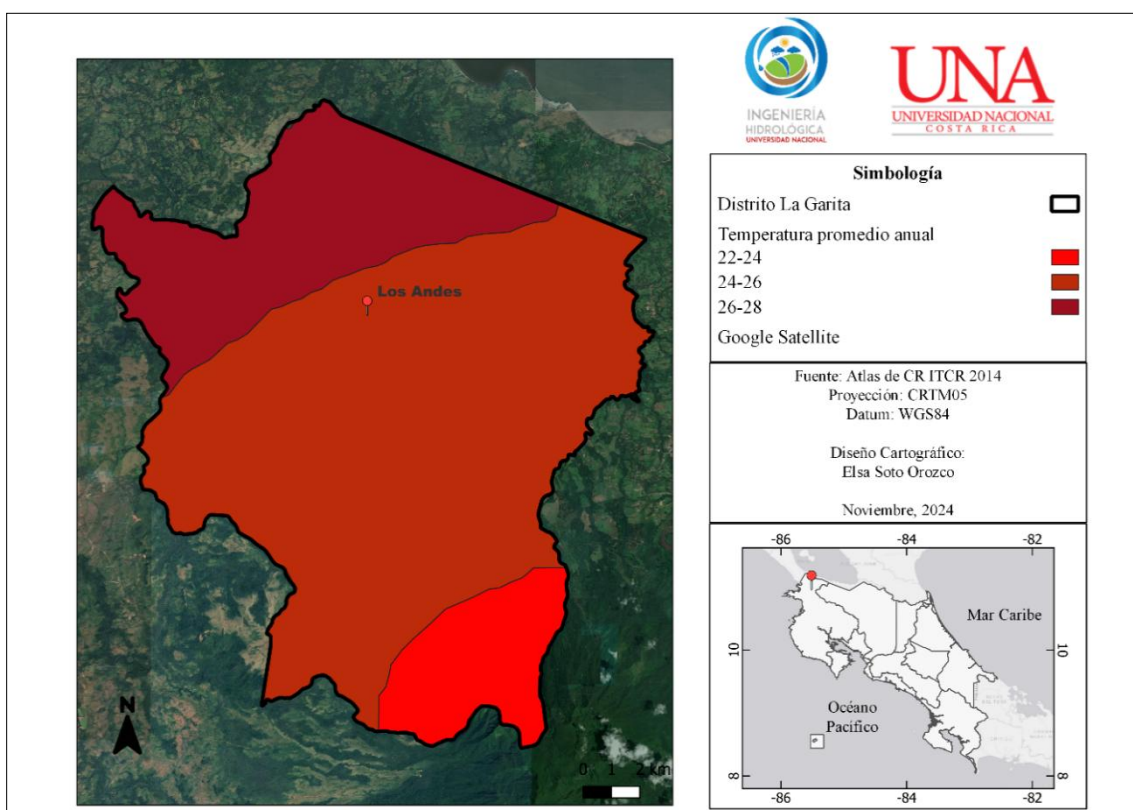
**Figura 2. 2.** Rango de precipitación del distrito La Garita, La Cruz, Guanacaste.



**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

Los Andes se ubica en la zona montañosa de La Cruz, Guanacaste, presenta una temperatura media anual de 27 °C. Además, se evidencia una temporada seca entre diciembre a abril y una época lluviosa bien definida desde mayo a noviembre. La precipitación media anual de 2 000 mm, donde posee una característica climática propias de la vertiente del Caribe (Ministerio de Agricultura y Ganadería, [MAG], 2020).

**Figura 2. 3.** Rango de temperatura del distrito La Garita, La Cruz, Guanacaste.

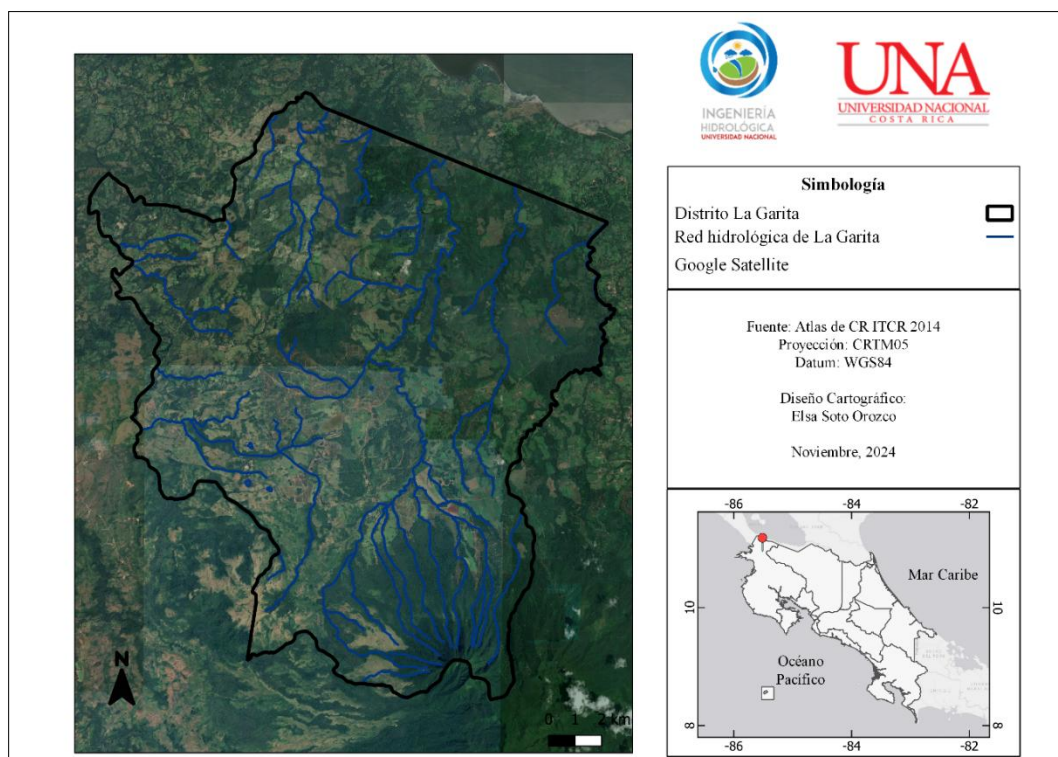


Fuente: Elaboración propia, 2024.

### 2.1.2 Información Hidrológica

Los Andes se localiza en la subvertiente del Caribe, correspondiente a la cuenca hidrográfica del Río Zapote. La cual es drenada por los siguientes ríos: Sapoá, Sábalo, Cañita, Mena, Orosí, Sardina, Cañas y Las Haciendas, que nacen en las laderas del Volcán Orosí de la Sierra Volcánica de Guanacaste. En esta zona los cursos del agua presentan los rumbos de sur a norte y suroeste a noroeste (Olivera, *et al.* 2012).

**Figura 2. 4.** Red hidrológica del distrito La Garita, La Cruz, Guanacaste.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

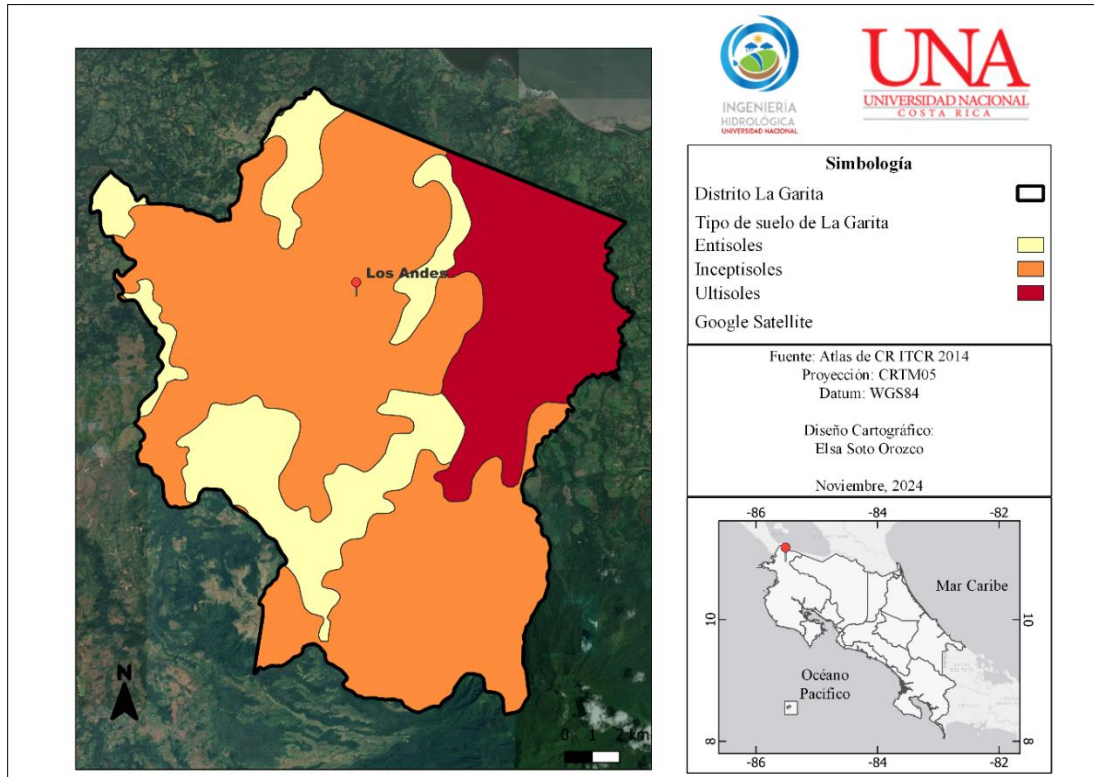
### 2.1.3. Información Demográfica

De acuerdo con Municipalidad de La Cruz (2016) por medio del Censo Poblacional realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos en el 2011, para el cantón de La Cruz presentaba una población de 19 181 personas, donde el distrito de La Cruz presenta la mayor concentración y La Garita la más pequeña. Según el INEC (2023) en su censo realizado en el 2022 se estimó una tasa de crecimiento promedio anual es de 3,05 donde su población estimada es de 26 829.

### 2.1.4 Información de clase de suelos

La Cruz presenta la predominancia de cuatro tipos de suelos que son los siguientes: entisoles, inceptisoles, molisoles y ultisoles, la existencia de estos tipos de suelo está relacionado con el régimen climático y por el material parental (MAG, 2020). En este caso para Los Andes se identifica la presencia de un suelo inceptisoles, derivados de materiales volcánicos, con una baja saturación de bases y con una pendiente de 30-60 % a zonas más onduladas.

**Figura 2. 5.** Tipo de suelo del distrito La Garita, La Cruz, Guanacaste.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

### 2.1.5 Información del relieve

De acuerdo con DINADECO (2023), existe un paisaje predominante de montañas, por ende, su relieve es irregular, pero zonas donde la pendiente es moderada o de montañas con ondulaciones suaves entre los 0 a 5 grados. Esto se evidencia en Los Andes hacia el sector de Pochotes. Por lo tanto, los otros sectores son constituido por sistemas montañosos con pendiente de 40 grados. Es importante destacar la cantidad de lluvia y la humedad que viene mediante la influencia de los vientos del norte han ocasionado quebradas perennes todo el año.

### 2.2. Actividades socioeconómicas asociadas

El cantón de La Cruz se caracteriza por sus amplias actividades socioeconómicas que ha alcanzado a desarrollar a través de los años, primeramente, en el distrito de La Cruz predomina el comercio, servicios y turismo esto debido a que es la zona céntrica del cantón, donde se observan comercios como: supermercados, tiendas de ropa y zapatos, ventas de electrodomésticos, restaurantes, entre otros. Seguidamente el sector de Santa Cecilia es reconocido por su producción de cítricos en gran escala por parte de la empresa Del Oro S.A, el turismo rural en pequeña escala, reforestación y la ganadería, asimismo, como La

Garita que prevalece la agricultura y ganadería. Por último, Santa Elena cuya principal actividad socioeconómica es la pesca artesanal, turismo, comercio, ganadería y agricultura en pequeña escala (Municipalidad de La Cruz, 2023).

**Cuadro 2. 1. Actividades socioeconómicas desarrollada en La Cruz, Guanacaste.**

<b>Actividades socioeconómicas principales en La Cruz</b>	<b>Distrito</b>	<b>Actividades principales</b>
	La Cruz	Comercio, servicios y turismo.
	Santa Cecilia	Cítricos, turismo rural, comercio, agricultura, reforestación y ganadería.
	La Garita	Agricultura y ganadería.
	Santa Elena	Pesca artesanal, turismo, comercio, ganadería y agricultura en pequeña escala.

Fuente: Inder, 2014.

**Figura 2. 6. Fotografías específicas de las actividades socioeconómicas de La Cruz.**



Fuente: Municipalidad de La Cruz, 2023.

### 2.3. Instituciones Costarricenses para la gestión del recurso hídrico

Costa Rica, las instituciones costarricenses que son encargadas de intervenir en los proyectos que operan en la gestión el agua para el abastecimiento en Costa Rica son los siguientes:

- *Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA)* es una institución autónoma del Estado con personería jurídica y patrimonio propio. Creada a través de la Ley N° 2726 en 1961 con el objetivo general de dirigir, fijar políticas, establecer y aplicar normas; donde realice y promueven el planeamiento, financiamiento y desarrollo del suministro de agua potable. Como también la recolección y evacuación de las aguas negras y residuos industriales líquidos (Controlaría General de la República, 2020).
- *Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Sanitarios Comunales (ASADAS)* es la institución en administrar y gestionar el agua en zonas rurales son las Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Rurales (ASADAS). Por medio de convenios con Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) con el fin de proporcionar los servicios de agua potable en zonas fuera de la Gran Área Metropolitana (GAM) (Chacón-Ramírez 2023). Estos entes abastecen aproximadamente un 28,7% de la población de país, asimismo, el AyA proporciona un documento de autoevaluación para las ASADAS, con el fin, que sea aplicado y obtenga calificaciones en diversas áreas para encontrar opciones de mejora (AyA, 2017). Las ASADAS están conformadas por los pobladores de una comunidad que serán los beneficiarios de los servicios de prestación que son regidos por la Ley de Asociaciones N° 218 del 8 de agosto de 1939 y asimismo por el reglamento. Además, estas se encuentran bajo la figura jurídica de la delegación del AyA ya que supervisa que se vele el derecho humano fundamental, que es el acceso de agua potable (Monge *et al.* 2013).
- *Municipalidades* son considerados como los organismos responsables del gobierno y de la administración local, solo se han mantenido en operación si estuvieran administrando el acueducto en particular antes de los comienzos del AyA de una manera correcta y eficiente (Sigüero-Ginés, 2020).
- *Empresas y cooperativas* en algunos casos por ocasiones se realizan labores de suministros y administración de agua, sin embargo, estas siempre

están supervisadas por los órganos competentes como el Ministerio de Salud, el AyA, Ministerio de Ambiente y Energía. Estos trabajan por medio de convenios con las municipalidades y son generalmente empresas de utilidad pública y servicios prestado de plazo definido por contrato (Sigüero-Ginés, 2020).

Asimismo, es importante mencionar que no solamente estas instituciones son encargadas de velar por la calidad el recurso y su gestión, sino, existen otros que son las siguientes:

- Ministerio de Salud es el ente que establece la regulación de parámetros de valores máximos admisibles en aspectos como microbiológicos, físicos y químicos del agua para el consumo humano. También, en la identificación de factores de riesgo en los componentes de los sistemas de abastecimiento de agua (Ministerio de Salud, 2022).
- Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) es el ente rector de los recursos públicos y que son destinados a la protección del medio ambiente, por ende, este gestiona las concesiones de aprovechamiento de agua (Sigüero-Ginés, 2020).
- Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA) ente encargado en la gestión del recurso hídrico, desde el nivel de su participación directa como en la coordinación con otras instituciones de los sectores agropecuarios y ambiental (Dirección de Agua, 2023).
- Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) ente regulador en los precios o tarifa, la calidad del agua potable servida y las inversiones requeridas para ajustar la oferta del servicio de acuerdo con su demanda (Aguilar, 2007).

#### **2.4. Estudios previos de propuesta de diseño de acueductos en Costa Rica**

A continuación, se mencionan algunos proyectos realizados dentro el ámbito de propuestas de diseños o disponibilidad de acueductos en distintas partes del país.

**Cuadro 2. 2. Documentos de referencia enfocados en propuestas de diseño de acueducto.**

<b>Autoría</b>	<b>Fecha</b>	<b>Título</b>
Badilla, M. R.	2017	Propuesta para la disponibilidad de agua de los proyectos de Bien Social Nueva Hermosa y Santo Tomas ubicados en la zona de Quebrada Amarilla, Garabito.
Calvo-Pereira, D.	2019	Propuesta de diseño de un sistema de conducción para el abastecimiento de agua potable para el poblado de Capellades, Alvarado, Cartago.
González, L.	2013	Mejora del abastecimiento de agua a la comunidad rural de Sierpe, Costa Rica.
Martínez, M.	2018	Mejora del abastecimiento de agua de la comunidad rural de Playa Hermosa, Cantón de Osa, Costa Rica.
Sanabria-Pérez, J.	2017	Propuesta para el abastecimiento de agua potable mediante el diseño de un acueducto por gravedad en las comunidades de San Isidro de Tierra Grande, Isletas y Colinas, Guácimo, Limón.
Vargas, V. C. L.	2022	Propuesta de diseño pluvial para el proyecto Nueva Esperanza, La Cruz, Guanacaste

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

En conclusión, mediante este capítulo se recopilieron aspectos importantes acerca de las instituciones costarricense encargadas de velar y gestionar el recurso hídrico. Asimismo, se comprendieron información de la zona de estudio, que permitieron identificar los diferentes aspectos y particulares. También, se abarcaron las actividades socioeconómicas del cantón que permite identificar las zonas con mayor y menor desarrollo, donde en conjunto al capítulo 1, facilita la comprensión de los términos que se evidenciaran en el capítulo 3.

### Capítulo 3. Marco teórico

A partir de una propuesta de diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para una determinada comunidad, es necesario reconocer cada uno de los componentes básicos que necesita un acueducto para su funcionalidad. Además, hay factores que implican un correcto diseño de un acueducto como es el periodo y población de diseño y el consumo de agua, estos elementos influyen de manera directa en la toma de la decisión final del diseño hidráulica. Por último, es importante resaltar la implementación de software Epanet y AutoCAD para la dimensión de cada elemento del acueducto.

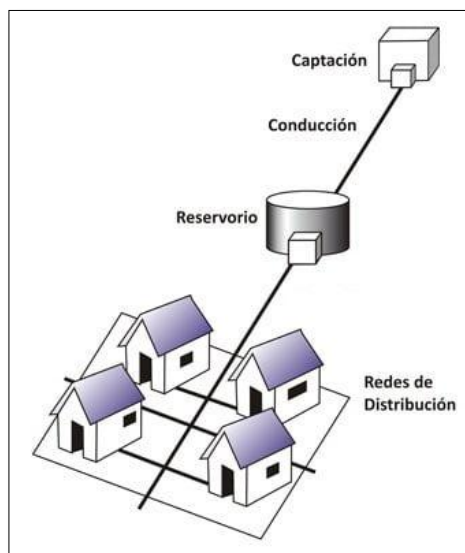
#### 3.1. Definición de conceptos claves

En esta sección abarca las distintas definiciones de cada uno de los componentes que conforma un acueducto.

##### 3.1.1. Acueducto

Un acueducto se define como un sistema de transporte de agua, el cual ha sido construido con el fin de trasladar este líquido hasta el sitio donde es requerido para satisfacer la necesidad de abastecimiento. Su principal objetivo es recolectar el agua desde su fuente que puede ser clasificada como naciente, pozo o río, siendo así que lo lleve hasta una fuente de uso público o a cada vivienda por medio de una red de tuberías (Plan Maestro de Alcantarillado de Mocoa, 2020).

**Figura 3. 1.** *Partes de un sistema de abastecimiento de agua potable.*



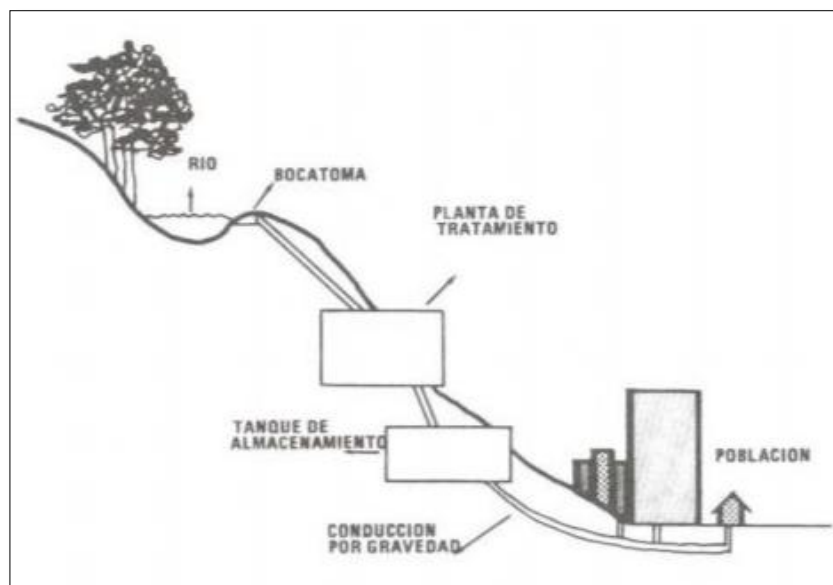
**Fuente:** López, 2003.

Con base en Farrás, *et al.*, (2005), la construcción de un acueducto es a partir de la necesidad de proveer agua a comunidades que no disponen de dicho recurso o en caso de disponer, su calidad no es la más adecuada a partir de las consecuencias ingenieril que conlleva. Por lo tanto, al ser un recurso categorizado de primera necesidad para el desarrollo humano y por ende involucra una cantidad importante de personas, es necesario que el recurso ingenieril y económico sea de calidad.

Es importante rescatar que un sistema de acueducto se encuentra compuesto por dos partes, la primera es la parte física donde abarca las obras civiles, equipos y el sistema de conducción del líquido. La otra parte es la química que corresponde la serie de procesos que se realiza al agua con el fin de ser óptima para el consumo humano (Aranda y Varón, 2015).

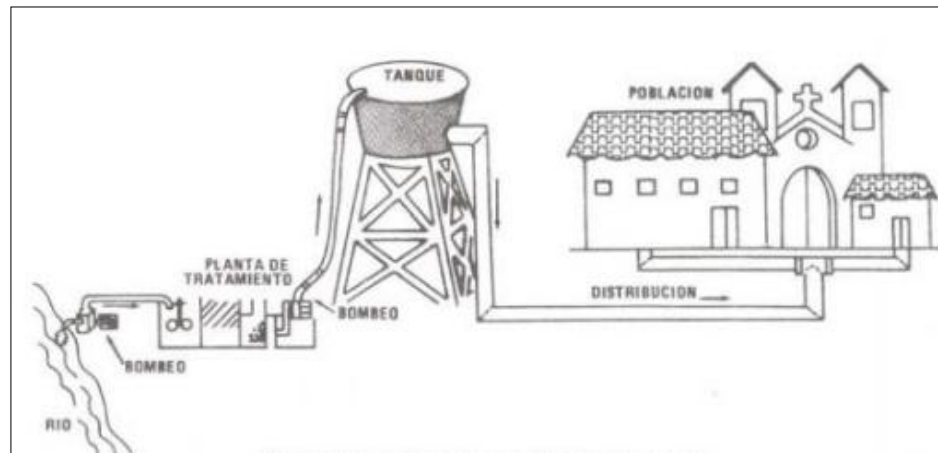
Según Parrado y Sandoval (2018) un acueducto se clasifica en dos tipos, primero está por gravedad (Figura 3.2.) donde este sistema se caracteriza que su fuente de captación de agua se encuentre situado en un nivel más alto que la comunidad y este llegará por medio de gravedad debido a la acción de su propio peso, hasta el tanque de almacenamiento y después a la red de distribución. Asimismo, está el subterráneo (Figura 3.3.) por medio de un sistema de bombeo, impulsa el agua por medio de una línea de conducción que lleva el agua desde la captación (pozo) hasta el tanque de almacenamiento.

**Figura 3. 2.** *Acueducto distribuido por gravedad.*



**Fuente:** Zabala y Betancur, 2017.

**Figura 3. 3. Acueducto distribuido por bombeo.**



**Fuente:** Zabala y Betancur, 2017.

Con el fin de garantizar el buen funcionamiento de un sistema de acueducto es importante que se presente los cuidados adecuados y con un mantenimiento oportuno. Por lo cual, el ente prestador del servicio es necesario que inviertan en los recursos necesarios en el personal, materiales y otros insumos necesarios. De igual manera, debe de garantizar que se lleven a cabo controles periódicos, esto permite determinar el adecuado funcionamiento del sistema, donde son aplicados indicadores como los de determinar nación de calidad del líquido. Con relación a su entrega de agua potable; que abarca la cobertura y el abastecimiento a toda la comunidad, asimismo, la continuidad del servicio donde se relaciona la disponibilidad constante del agua potable para los usuarios. Por último, la atención del cliente; donde se abarca la atención oportuna sobre el servicio, las solicitudes y los reclamos de la comunidad (Plan Maestro de Alcantarillado de Mocoa, 2020).

### **3.2. Componentes básicos de un acueducto**

De acuerdo con el AyA (2015) resalta que un acueducto de agua potable se encuentra compuesto por los siguientes componentes básicos:

#### **3.2.1. Fuente de abastecimiento**

Según Orozco-Gutiérrez (2019) las fuentes de abastecimiento o también conocidas como fuente de aprovechamiento son aquellas aguas de dominio público de acuerdo con el Artículo 1 de la Ley de agua, en Costa Rica se encuentran divididas en tres tipos:

- Aprovechamiento subsuperficial son aguas obtenidas por medio de nacientes o manantiales que a partir de la apertura natural del acuífero y además puede estar compuesto por más de un afloramiento.
- Aprovechamiento subterráneo son aguas subterráneas que son a partir de la infiltración a través de formaciones de una o más capa subterránea de rocas, donde esta agua circula por medio de los poros o fracturas y es aprovechada por medio de los pozos.
- Aprovechamiento superficial son aquellas aguas superficiales que son procedente de las precipitaciones y afloramientos de aguas subterráneas que discurren superficialmente como lo son los ríos, quebradas, embalses y lagos.

### 3.2.2. Sistema de captación

Es aquel conjunto de infraestructura, equipamiento y otros elementos que en conjunto se obtiene de una fuente de abastecimiento superficial o subterránea para un sistema de agua potable, es importante, resaltar que los tipos de captación son diferentes dependiendo el recurso que será captado (AyA, 2017).

Según Núñez-Marín (2021) los sistemas de captación para el abastecimiento de agua que son aplicados en ríos y manantiales deben de cumplir ciertos requisitos de acuerdo con su localización con el fin de obtener un mayor aprovechamiento de este, que son los siguientes:

- De acuerdo con el caudal del río o manantial este debe de ser mucho mayor que el caudal de diseño y la profundidad del río debe de presentar un valor mínimo.
- El cauce debe ser estable y firme en sus orillas esto debido a que no se presenten derrumbes, sedimentación o erosiones que puedan llegar a afectar al comportamiento óptimo de la estructura de captación.
- Debe de presentar una carga suficiente que mueva el agua desde el sitio de bombas o que este produzca un flujo de gravedad y el gasto estimado en el diseño.
- En termino de manantiales y quebradas es necesario la construcción de una pequeña represa denomina dique, provista de drenaje, rebose o bocatoma. Si se realiza una bocatoma esta debe de presentar una cierta altura sobre la

base del dique con el fin de evita la entrada de arenas y además debe de presentar una cubierta por una rejilla protectora.

- En caso de que sea una captación por medio de estación de bombeo, esta debe de localizarse en lo posible en un tramo recto del cauce de la quebrada o río, asimismo debe de estar sobre el suelo estable con poca probabilidad de inundarse.

### 3.2.3. Sistema de potabilización de agua

En un sistema de abastecimiento de agua la tubería de conducción es aquella red que se encuentra constituida por tuberías y dispositivos de control, esto permite que el agua sea transportada con las condiciones adecuadas en términos de calidad, cantidad y presión desde el punto de fuente de abastecimiento hasta el sitio donde será distribuida (Soto, 2021).

### 3.2.4. Sistema de desinfección de agua

La función principal de la desinfección del agua potable es asegurar que los usuarios consuman agua que cumplan los estándares de calidad de agua por medio de un sistema que destruya los agentes patógenos (Calvo- Pereira, 2019). Los métodos más utilizados son físicos o químicos, los cuales se muestran a continuación:

**Cuadro 3. 1. Métodos implementados en la desinfección de agua potable.**

Métodos	Físicos	Químicos
		<i>Ultrafiltración</i>
	<i>Ultrasonido</i>	<i>Yodo</i>
	<i>Osmosis inversa</i>	<i>Plata</i>
	<i>Ebullición</i>	<i>Bromo</i>
	<i>Congelación</i>	<i>Ozono</i>

Fuente: Organización Panamericana de la Salud, 2007.

A partir de la Organización Panamericana de la Salud, (2007) el sistema de desinfección más utilizado es con el cloro esto debido a que es más accesible, presenta una alta capacidad de destrucción de materia orgánica, propiedades residuales, su equipo es más sencillo, confiable y de bajo costo. La familia del cloro los más utilizados son los siguientes:

- Hipoclorito de sodio
- Hipoclorito de calcio

- Cal clorada
- Cloro gaseoso: en este caso no se recomienda su utilización para una población menor de 5 000 habitantes.

### 3.2.5. Dosificadores

De acuerdo con Laboratorio Nacional de Aguas (2001), considera que parte del proceso de potabilización, su principal función es la adicción al agua productos químicos, en cantidades establecidas bajo una regulación y un control del mecanismo de dosificación de los equipos. Los dosificadores se pueden utilizar de dos maneras:

- Dosificador en seco en este caso se agrega el producto en polvo o granular al agua.
- Dosificador en solución la determinación y su regulación de dosis es a partir de la efectuación con el coagulante en solución, esto es aplicado por gravedad o con la utilización de una bomba dosificadora.

### 3.2.6. Sistema de almacenamiento de agua

El sistema de almacenamiento de agua o reservorio es aquella estructura de concreto o tanques de acero o plástico. Son utilizados como depósitos que permiten almacenar el agua tratada o para ser tratada en el tanque, la cual, será distribuida a la población o sitios destinados (Chancón-Ramírez, 2023).

Es importante señalar que los tanques de almacenamientos pueden presentar dos tipos de ubicación, por lo tanto, estos son los elevados y asentados. Los tanques asentados, son aquellas estructuras que se encuentran directamente en el suelo o en otro caso enterrados de manera parcial o total. Y los tanques elevados, son aquellos que se encuentran a cierta altura de la superficie (Laboratorio Nacional de Aguas, 2001).

De acuerdo con el AyA (2017), de acuerdo con la cantidad de población y la reserva de agua en época seca estos presentan diferentes tamaños, sin embargo, la construcción de estos sistemas de almacenamiento es bastante costoso, por lo cual las ASADAS pequeñas no tiene la posibilidad para su construcción por falta de recursos económicos.

### 3.2.7. Red de distribución

La red de distribución está compuesta por el conjunto de tubos, accesorios y estructuras que conducen el agua desde los tanques de servicio o de distribución hasta la toma domiciliaria o los hidrantes públicos. Su objetivo es proveer el agua potable a los

usuarios para el consumo doméstico, comercial, público, industrial o hasta para extinguir incendios (Corella-Blanco, 2020).

Con respecto con la normativa del AyA es importante señalar que la red debe de suministrar el servicio de manera de tiempo completo, en cantidad suficiente, con la adecuada calidad requerida y por último con una presión adecuada. Asimismo, los límites de calidad del agua deben de ser acuerdo con lo establecido por la Norma para el diseño de proyectos de Abastecimiento de Agua Potable en Costa Rica (AyA, 2001).

### **3.2.8. Prevista**

Es aquella sección longitudinal que es instalada desde la red de distribución principal hasta el punto de conexión con el sistema de abastecimiento privado. Se extiende desde el límite de la propiedad privada hasta donde se ubica el inmueble que ofrece el abastecimiento de agua potable (Valverde, 2022).

## **3.3. Teorías y prácticas de referencias**

### **3.3.1. Periodo de diseño**

Es importante resaltar que las obras de gran magnitud requieren un tiempo considerable en términos de estudio, financiamiento, construcción, entre otros, por lo cual es importante que los periodos de diseños sean mayores. Varias veces las obras son ejecutadas por etapas que son proyectadas en tiempos cortos dentro de un periodo de diseño mayor (AyA, 2017).

Con base en Hidalgo (2022) existentes factores que son importante al momento de determinar el periodo de diseño de un acueducto que son las siguientes:

- La vida útil de los elementos que estarán conformado el sistema.
- Futuras ampliaciones y etapas de construcción.
- Cambios socioeconómicos de la población.

El tiempo que se supone en una obra se contempla que se estará trabajando al 100% de su capacidad. Por lo tanto, el periodo de diseño se encuentra estrechamente relacionado con los aspectos económicos, por ende, no se debe de desatender con respecto al financiamiento. En este caso si un ingeniero diseña la construcción de los sistemas para que conforme de manera modular generaría una consecuencia, por lo tanto,

se recomienda que el periodo de diseño ronde entre los 5 años, sin embargo, si la obra no se adapta a una modulación este periodo no es recomendado aplicar (Salas, 2022).

### **3.3.2. Obra de captación y toma**

Para determinar el cálculo del caudal a extraer de una toma de agua en río o quebrada debe de incluir el desarenador y para el caudal de una captación de naciente se aproxima entre 25 a 50 años. Este valor es seleccionado a partir del caudal del cuerpo de agua versus el caudal de diseño al plazo mayor posible de acuerdo con la capacidad del cuerpo de agua en época de estiaje y las regulaciones que en materia se encuentra relacionada con la legislación vigente del país (AyA, 2017).

### **3.3.3. Planta potabilizadora**

En este caso se determina a partir del crecimiento de la población, por ende, se debe de aplicar las tendencias de crecimiento de la población con respecto a los crecimientos bajos o altos (AyA, 2017):

- Crecimiento bajo esta ronda aproximadamente menor al 3% anual, se aplica un periodo de 20 a 25 años, donde esto dependerá del caudal del cuerpo de agua versus al caudal de diseño al plazo mayor y de las facilidades para ampliar la capacidad de la planta.
- Crecimiento alto esta ronda aproximadamente igual o mayor al 3% anual, se aplica un periodo de 15 a 20 años, donde esto dependerá del caudal del cuerpo de agua versus al caudal de diseño al plazo mayor y de las facilidades para ampliar la capacidad de la planta.

Como señala Hidalgo (2022) para obtener el promedio del nivel de crecimiento, se consideran la zonificación y las proyecciones de crecimiento establecidas en el Plan Regulador de cada cantón del país.

### **3.3.4. Tanque de almacenamiento**

Como plantea el AyA (2017), para los tanques se utiliza un periodo de 25 años, esto si el proyecto no tiene como finalidad un desarrollo urbanístico, por lo cual, se debe de dejar un previsto en el terreno del espacio para construir otro tanque con las dimensiones similares. Cuando el tamaño del tanque es por mayor de los 2000 m<sup>3</sup> este se puede construir por medio de etapas.

### 3.3.5. Tubería de aducción, conducción, distribución y estación de bombeo

Los sistemas de tubería son fundamentales establecer su periodo de diseño esto debido a que son los elementos con mayor importancia respecto que conducen, distribuyen y aducen, como también, la estación de bombeo. Por ende, sus periodos de diseños se basan a continuación:

**Cuadro 3. 2. Periodos de diseño de tubería de aducción, conducción, distribución y estación de bombeo.**

Sistema	Definición	Periodo de diseño	
<b>Tubería de aducción</b>	Es el sistema donde fluya el agua cruda o agua. El valor seleccionado debe de aplicarse en la toma o captación del acueducto.	25 años a 50 años	
<b>Tubería de conducción</b>	Es el sistema donde fluye el agua desde su captación al tanque de almacenamiento.	25 años	
<b>Tubería de distribución</b>	Es el sistema con mayor importancia debido a que es el encargo de distribuir el agua desde el tanque de almacenamiento hasta los hogares.	20 años	
<b>Estación de bombeo</b>	Encargado de la extracción del agua de su fuente de abastecimiento.	Estación de bombeo	20 años
		Bombas y motores	10 a 15 años
		Equipo de desinfección	5 años

Fuente: AyA, 2017.

### 3.4. Periodo de diseño

Según Cordero (2022) la población de diseño o también conocida como población futura en un sector debe de ser estimada de acuerdo con la población inicial, censos, estudios demográficos o estadísticas continuas. El crecimiento de la población es afectado

por diferentes factores como: oportunidades laborales, características de la zona y factores socioeconómicos, no obstante, durante el proceso de estudio puede encontrarse otros factores que no son contemplados que llegan a afectar a los cambios del crecimiento poblacional. Para el cálculo de la población de diseño es a partir de la cantidad total de unidades habitacionales que posee el proyecto multiplicado por el factor de ocupación o hacinamiento obtenido en el último censo poblacional (AyA, 2017).

**Cuadro 3. 3. Cálculo de servicios equivalentes de acuerdo con el tipo de actividad a desarrollar.**

<b>Tipo de actividad del nuevo desarrollo</b>	<b>Unidad de cálculo (UC)</b>	<b>Unidad de consumo equivalente (UCE) o Servicios equivalentes (SE)</b>
<b>Hoteles, Moteles</b>	Habitación	Un servicio equivalente por cada 3 unidades de cálculo.
<b>Escuelas, colegios o centros de educación y capacitación</b>	Estudiante	Un servicio equivalente por cada 25 unidades de cálculo.
<b>Bodegas, industrias o centros de acopio, almacenamiento y distribución</b>	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas).	Un servicio equivalente por cada 500 unidad de cálculo.
<b>Restaurantes, sodas Bares y similares</b>	Metro cuadrado de área de parcela o predio. (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas).	Un servicio equivalente por cada 100 unidad de cálculo.
<b>Locales comerciales,</b>	Metro cuadrado de área de parcela o predio	Un servicio equivalente por cada 200 unidad de cálculo.

<b>Centros comerciales, Oficinas administrativas y bancarias (industrial o general)</b>	(incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas).	
<b>Parcelamiento agrícola con frente a calle pública</b>	Metro cuadrado del área de parcela.	Un servicio equivalente por cada 500 unidades de cálculo.
<b>Parcelamiento agrícola con frente a servidumbre</b>	Metro cuadrado del área de parcela.	Un servicio equivalente por cada 5000 unidades de cálculo.
<b>Centros de recreación, turísticos o club campestre.</b>	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas).	Un servicio equivalente por cada 200 unidad de cálculo.

Fuente: AyA, 2017.

### 3.5. Consumo de agua de la población

Es importante definir el caudal de operación del sistema a partir de un periodo escogido, por lo tanto, es necesario estimar el consumo por habitante en el área de estudio, por lo cual, esto permite estimar la demanda total del agua para el acueducto a diseñar. El consumo promedio por persona en un día corresponde a la dotación y esta se expresa en L/hab/día (Vividea-Castro, 2018).

Como señala López (2003) para la obtención del consumo de agua de la población es importante reconocer que existen factores que llegan a interferir en este proceso que son los siguientes:

- Temperatura.
- Calidad de agua.
- Características sociales y económicas.
- Servicio de alcantarillado.

- Presión de la red de distribución.
- Administración.
- Medidores y tarifas.

El AyA (2017) establece que para el diseño del sistema de abastecimiento aplicar las siguientes dotaciones brutas:

- Los datos de los patrones de consumos y demandas de la localidad en estudio, esto a partir de datos reales que tiene en la disposición el diseñador.
- Cuando no existen estos datos reales de los patrones de consumos y demandas de la localidad en estudio se utilizan los valores mínimos establecidos:

Poblaciones rurales 200 l/hab/día: cuando se presenta una zona rural costera en este caso se aplica la dotación para la población costera.

Poblaciones urbanas 300 l/hab/día.

Población costera 375 l/hab/día.

Áreas Metropolitana 375 l/hab/día.

Las dotaciones que son indicadas con anterioridad corresponden al consumo poblacional de agua potable. Por lo que, cuando se necesita calcular la demanda de agua requerida para materia prima o insumo a procesos industriales, agroindustriales, entre otros, no se puede utilizar estas dotaciones.

Para el diseño de cualquier obra hidráulica que corresponde a un acueducto es importante estimar el caudal de diseño del sistema. Los más utilizados para este uso son los siguientes (Rodríguez, 2020):

- Caudal promedio
- Caudal máximo diario
- Caudal máximo horario

### 3.5.1 Caudal promedio

Corresponde al promedio aritmético de los caudales día a día durante el periodo de un año (Corcho y Duque, 2005).

$$Q_{promedio} = \frac{Población * dotación}{84\ 600} \quad (1)$$

### 3.5.2 Caudal máximo diario

Se define como el caudal máximo diario aquel que, durante las 24 horas en un periodo de 365 días, lo que quiere decir, que el día del año en el que se presenta la máxima demanda del sistema (Torres, 2008). La  $K_1$  es un factor de mayoración, por lo cual, es inversamente proporcional al número de habitantes, sin embargo, cuando la población es menor de 12 000 habitantes suele ser de 1,3 (AyA, 2017).

$$Q_{m\acute{a}x\ diario} = K_1 * Q_{promedio} (2)$$

### 3.5.3 Caudal máximo horario

Se considera al consumo máximo horario lo que representa la mayor demanda que se presenta en una hora determinada durante un año (Bejarano, 2013). La  $K_2$  es un factor de mayoración, por lo tanto, estos valores se encuentran entre los valores de 1,6 a 2, sin embargo, esto depende primeramente por el tamaño de la población y su homogeneidad de la costumbre de los habitantes (AyA, 2017).

$$Q_{m\acute{a}x\ horario} = K_2 * Q_{promedio} (3)$$

Se comprende que es importante reconocer como se conceptualiza los componentes que abarcan los diseños hidráulicos de un acueducto los cuales permiten establecer las etapas que constituya ese proyecto. Asimismo, la determinación del periodo de diseño y la población de diseño siendo elementos fundamentales para que el acueducto sea enfocado en las etapas correctas para su construcción, el consumo de agua que es de suma importancia para la decisión final del diseño hidráulico y, por último, conocer los programas que conlleva el desarrollo del proyecto.

## Capítulo 4. Estudio de prefactibilidad

En este capítulo se pretende abarcar la prefactibilidad en aspectos que permiten determinar la realización del proyecto en la comunidad de Los Andes de La Cruz, Guanacaste. Por lo tanto, se usó como referencia la metodología propuesta por Sapag et al., (2014) donde indica que para la realización de un proyecto este debe de examinar una serie de estudios donde se evidencie las ventajas y desventajas en diferentes ámbitos. A partir de la naturaleza del proyecto se estableció la viabilidad de prefactibilidad en términos técnico, legal, ambiental, social y financiera.

### 4.1 Prefactibilidad técnica

De acuerdo con Sapag *et al.*, (2014), un estudio técnico dimensiona el panorama cuantificable de cada uno de los requerimientos y equipos técnicos indispensable con el fin de establecer las inversiones y costos pertinentes del proyecto. Por lo tanto, se utilizan procedimientos y tecnologías modernas, esto con el fin de obtener una mayor optimización técnica, sin embargo, el factor económico muchas veces interviene en la ejecución del proyecto.

**Cuadro 4. 1. Herramientas de procesamiento, recursos materiales y digitales necesarios para la elaboración del proyecto.**

Rubro	Herramientas de procesamiento, recursos materiales y digitales
<b>Estimación de la dotación hídrica</b>	Hoja de cálculo programa para el procesamiento de datos en Microsoft Excel.
	Encuesta para la determinación de la población total.
<b>Dimensión espacial</b>	Atlas del Tecnológico de Costa Rica
	Software QGIS.
<b>Dimensión hidráulica</b>	Software Epanet.
<b>Confección de los planos hidráulicos</b>	AutoCAD.
<b>Estimación de costos</b>	Hoja de Cálculo.
	Comparación de otros proyectos con similitudes a las condiciones de la comunidad de Los Andes.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

A partir de la definición de estos recursos y materiales necesarios se estima la inversión necesaria para el desarrollo del proyecto en la comunidad de Los Andes de La Cruz.

**Cuadro 4. 2. Inversión de equipo.**

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Computadora</b>	<b>1</b>
<b>Impresora</b>	<b>1</b>
<b>Total</b>	<b>2</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

En resumen, los requerimientos y equipo tecnológico para la ejecución del proyecto se establece de acuerdo con el grado académico y el perfil profesional de una Ingeniera Hidrológica que presenta la capacidad técnica en conjunto a los conocimientos adquiridos y ejecutarlos en la elaboración del proyecto. Por lo tanto, para este apartado de estudio se establece que la viabilidad técnica es necesaria para la ejecución del mismo.

#### **4.2 Prefactibilidad financiera**

Según Sapag *et al.*, (2014), un estudio económico o financiero abarca la información de carácter monetario, permitiendo así identificar los costos o ingresos que le proporcionará al proyecto. A partir de lo anterior, se especifican los gastos requeridos en cada fase del proyecto, donde se procedió a dividir en tres partes, en costos directos, costos indirectos y otros costos donde se visualiza el valor de 5% de imprevistos y el 13% del IVA.

Los costos directos incluyen gastos en equipo técnico como equipo computacional, paquete Office y software como QGIS, AutoCAD y Epanet que fueron utilizados para el desarrollo del proyecto. En los costos indirectos se contemplan los gastos administrativos como servicio de agua, luz, línea telefónica internet e insumos de oficina. Por otro lado, se visualiza las giras al campo de un día donde se realizaron un aproximado de 10 giras, incluye los viáticos. Asimismo, se incluyen gastos realizados por equipo de protección personal, botiquín de primeros auxilios y refrigerios. También, se incluye los estudios técnicos como levantamiento topográfico que fue proporcionado por la Municipalidad de La Cruz y los otros estudios como hidrológico, hidrogeológico y estudio técnico fueron proporcionados por el Grupo El Encanto S.A.

Es importante indicar que el presupuesto de la alimentación fue de acuerdo con las tarifas en el interior del país con respecto a desayunos y almuerzos establecido por la reforma Reglamentos de Gastos y Transporte para Funcionarios Públicos (Controlaría

General de la República, 2022). Así mismo, se presupuestó el transporte por medio de la tarifa en colones por kilómetro recorrido por un vehículo liviano modelo 2008 con más de 10 años de antigüedad con motor de gasolina (A3) con un recorrido de 40 km saliendo de la comunidad de San Dimas hasta el centro de Los Andes de La Cruz, Guanacaste (Cuadro 4.3).

**Cuadro 4. 3. Presupuesto global del proyecto.**

<b>Rubro</b>	<b>Total</b>
Costos Directos	₡ 0
Costos Indirectos	₡ 408 060
Estudio Técnico	₡ 3 390 241
Otros gastos	₡ 1 508 925
Subtotal (Costos Directos/Costos Indirectos)	₡ 5 923 896
Imprevistos (5%)	₡ 296 194
IVA (13%)	₡ 770 106
<b>Total</b>	<b>₡ 6 990 197</b>

*Nota: El cuadro muestra el presupuesto global que conlleva la ejecución del proyecto, sin embargo, no se detalla de manera puntual. Por lo cual, en el anexo 4.1 se presenta el presupuesto de manera detallada de cada rubro. Elaboración propia, 2024.*

### **4.3. Prefactibilidad Legal**

En este apartado se evidencia el marco regulatorio que rige el proyecto En Costa Rica existe una variedad de leyes y decretos que se relacionan al tema del agua cuando se involucran en la ejecución del proyecto en Los Andes de La Cruz, Guanacaste (Cuadro 4.1.).

**Cuadro 4. 4. Marco legal asociado al proyecto “Propuesta para el abastecimiento de agua potable mediante el diseño de un acueducto para la comunidad de Los Andes de La Cruz, Guanacaste, Costa Rica”.**

Normativa/Fecha	Descripción con relación al proyecto
Constitución Política 1949	El Estado procurará que exista el mayor bienestar a todos los habitantes del país, por ende, toda persona tiene el derecho a un ambiente tanto sano como ecológicamente equilibrado y al derecho humano, básico e irrenunciable al acceso de agua potable (Constitución Política de Costa Rica, 1994).
Ley Constitutiva Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados N° 2726 1961	Establece las diferentes responsabilidades al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados como la determinación de prioridades, conveniencia y viabilidad para la construcción de una obra de acueductos y alcantarillados, la asesoría a los demás organismos del Estado y coordinación de las actividades públicas acerca de los acueductos y alcantarillados establecidos y la administración y operación de estos (Ley N° 2726, 1961).
Ley Código Municipal N° 7794 2008	La municipalidad del cantón puede ejercer las competencias municipales e invertir fondos para la construcción de obras públicas de beneficios común (Ley N° 7794, 2008).
Reglamento de las Asociaciones Administrativas de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales N° 42582-S-MINAE 2020	Establece al AyA como ente rector técnico en la prestación servicios públicos de acueducto, alcantarillado o saneamiento de las aguas residuales, abarcando actividades propias de control, vigilancia, evaluación, normalización, entre otras de la gestión que realizan las ASADAS (Decreto Ejecutivo 42582, 2020).
Acuerdo de Junta Directiva del AyA N° 2020-442 2020	Establece los requisitos que son requeridos para la solicitud del acceso de agua potable ante al AyA (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2020).
Ley Forestal N° 7575 1996	Establece los límites de protección que debe de presentar una zona de recarga y los acuíferos de los manantiales (Ley N° 7575, 1996).
Ley de Aguas N° 2726 1961	Indica criterios del aprovechamiento de las obras para alumbramiento de aguas subterráneas como también el derecho para el aprovechamiento de las aguas son indicadas por leyes especiales, por ende, son de carácter de concesiones que deben de estar debidamente inscritas al registro de Concesiones (Ley N° 2726, 1961).
Ley Uso, Manejo y Conservación de suelos N° 7779 1998	Establece que todo usuario debe de aplicar técnicas adecuadas al manejo del agua con el fin de evitar efectos nocivos en el suelo (Ley N° 7779, 1998).
Ley Orgánica del Ambiente N° 7554 1995	Cualquier actividad humana que altere o destruya elementos del ambiente o genere residuos, materiales tóxicos o peligrosos debe de requerir una evaluación de impacto ambiental por parte de la Secretaria Técnica Nacional Ambiental creada por esta ley (Ley N°7554, 1995).

Reglamento General sobre los Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental N° 31849 2004	Indica que el documento de Evaluación Ambiental D1 debe de ser presentando cuando las actividades, obras o proyectos son de categoría alto y moderado IAP (A, B1 y B2) de acuerdo con el reglamento (Decreto N° 31849, 2004).
Reglamento para la perforación de pozos y aprovechamiento de aguas subterráneas N° 43053-MINAE 2021	Establece los alineamientos de la solicitud de los permisos de perforación que debe de presentar en conjunto a la solicitud de concesión de agua ante la DA y el tiempo establecido para sus perforaciones (MINAE, 2021).
Ley General de Salud N°5395 1973	Establece los lineamientos de acuerdo con la regulación del agua para el uso y consumo humano, deberes y restricciones de esta (Ley N° 5395, 1973).
Reglamento para la calidad del Agua Potable N° 38924-S 2015	Indica los límites máximos permisibles de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el agua potable (Decreto N°38924-S, 2015).
Reglamento General para Autorizaciones y Permisos Sanitarios de Funcionamiento Otorgados por el Ministerio de Salud N°39472-S 2016	Establece los requisitos y tramites que se deben de cumplir para la obtención del PFS por parte de MINSA, donde incluye las actividades de captación, tratamiento y distribución de agua (Ministerio de Salud, 2016).
Reglamento de Registro Sanitario de Establecimientos Regulados por el Ministerio de Salud N° 32161 2004	Establece los costos por la tramitología de PFS entre otros (MINSA, 2004).

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

Asimismo, es importante reconocer la tenencia de la tierra en el sector de desarrollo del proyecto. Según Bertsch (2006) en el país un 36% de la tierra se encuentra en propiedades de extensiones que superan las 500 hectáreas, que un total del 1% es propiedad del estado. Para el sector de Los Andes, no se han evidenciado problemas por conflictos con la tierra, esto debido a que la mayoría de la tierra está en manos de pocas personas, que compraron dichas propiedades para actividad ganadera (DINADECO, 2023).

De acuerdo con lo anterior y la relevancia de la ejecución del proyecto, se concluye que no existe prohibición o regulación para proponer un diseño de acueducto para la comunidad de Los Andes de La Cruz, Guanacaste, Costa Rica. Se establecen las bases legales necesarias para el desarrollo del proyecto orientado a la propuesta de abastecimiento de agua potable de dicha comunidad.

#### 4.4. Prefactibilidad Ambiental

Según menciona Sapag *et al.* (2014), la prefactibilidad ambiental es la evaluación de diferentes exigencias ambientales donde estas pueden ocasionar un impacto económico, a partir de un análisis de las externalidades que pueden generar un proyecto al afectar el bienestar de la población. En nuestro país, el impacto ambiental que es producido por una actividad, obra o proyecto (AOP) es regulado por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental [SETENA], establecido en el artículo 17 de la Ley Orgánica del Ambiente (Ley N° 7554 en 1995) por medio de una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) (Decreto Ejecutivo N° 31849, 2004).

El impacto ambiental potencial de una actividad, obra o proyecto (AOP) se basa en el hecho que una experiencia adquirida que facilita en considerar que proyectos con características similares nos darán escenarios similares, por ende, la herramienta EIA se establece el aceptable grado de seguridad de su potencial impacto ambiental (Hidalgo, 2022).

De acuerdo con, lo establecido con el Decreto Ejecutivo N° 31849 (2004) se pueden presentar tres tipos de impactos ambientales:

- Categoría A Alto Impacto Ambiental Potencial.
- Categoría B Moderado Impacto Ambiental Potencial, en esta categoría se subdivide en dos categorías: Subcategoría B1: Moderado – Alto Impacto Ambiental Potencial y Subcategoría B2: Moderado – Bajo Impacto Ambiental Potencial.
- Categoría C Bajo Impacto Ambiental Potencial

Por la naturaleza del proyecto, se categoriza en categoría A: Alto Impacto Ambiental Potencial, debido a que las actividades de aprovechamiento de las aguas subterráneas o superficiales se encuentran clasificadas en base al caudal concesionado. Según Montiel (2021), se estima que aproximadamente se necesitan 208,3 m<sup>3</sup>/día para el abastecimiento de la comunidad de Los Andes. Por lo tanto, mientras que cumplan con los estudios necesarios y un D1 el proyecto no presenta ninguna dificultad en su prefactibilidad ambiental.

#### 4.5. Prefactibilidad social

El impacto social que abarca un proyecto es la magnitud cuantitativa de los beneficios que este puede generar a la comunidad por medio de su implementación de acciones con el fin de resolver un problema en específico. Se reconoce que los resultados obtenidos en un estudio de impacto social son todos aquellos beneficios que percibe la comunidad que suele demostrarse como un beneficio a mediano y largo plazo obtenido por la población atendida (Libera, 2007). A partir de lo indicado por Morales (2015) el objetivo principal de la Evaluación de Impacto Social es establecer las acciones de prevención, mitigación y control de los impactos negativos sobre los grupos humanos relacionados al desarrollo de un proyecto. Se señalan los principales beneficiarios directos e indirectos del proyecto:

**Cuadro 4. 5. Actores sociales involucrados en el proyecto.**

<b>Actor social</b>	<b>Beneficiario directo o indirecto</b>	<b>Cargo</b>
Alonso Alán Corea	Indirecto	Alcalde de la Municipalidad de La Cruz
Comunidad de Los Andes	Directo	Abonados
Lidieth Espinoza Martínez	Indirecto	Concejal Municipal La Garita
Hannia Zepeda Vargas	Indirecto	Gestora de proyectos en la Municipalidad de La Cruz
Elsa Soto Orozco	Indirecto	Ingeniera Hidrológica
Erik Orozco Orozco	Indirecto	Grupo El Encanto

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

Es importante rescatar la participación de los distintos actores claves para el desarrollo de este proyecto (Cuadro 4.5). Se considera que la comunidad de Los Andes de La Cruz son los principales beneficiarios con el desarrollo del proyecto, esto debido a que dicho proyecto tiene como finalidad proponer un diseño de acueducto acorde a su necesidad de abastecimiento. Además, la aceptación de la comunidad con el desarrollo del proyecto fue de manera satisfactoria por medio de una reunión en la comunidad.

Asimismo, como actores indirectos se encuentra el señor Alonso Alán Corea, Lidieth Espinoza Martínez, Hannia Zepeda Vargas que por medio de reuniones se abarcaron

puntos importantes para demostrar la problemática y posibles alternativas, demostrando una posición positiva ante la propuesta de la realización de una propuesta de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Los Andes, esto debido a que aporta un gran beneficio a dicha comunidad para su abastecimiento. Por lo cual, se concluye que el proyecto en su etapa inicial es viable socialmente, no obstante, se debe continuar el monitoreo de su viabilidad en el transcurso del proyecto.

En resumen, el estudio de prefactibilidad anteriormente mencionado demuestra que el proyecto a realizar en la comunidad de Los Andes presenta una correcta viabilidad en cuanto estudios técnicos, financieros, legales, ambientales y sociales. Por ende, se procede a la formulación de la metodología correspondiente a la propuesta de diseño de un sistema para el abastecimiento de agua potable para la comunidad de Los Andes.

## **Capítulo 5. Diseño metodológico**

En este capítulo se fundamenta y se detallan todas las fases metodológicas para cumplir los objetivos propuestos del estudio. Se contextualizan aspectos como el tipo de investigación, población y muestra de estudios, las herramientas tecnológicas seleccionadas y el proceso para la elaboración de una propuesta para el abastecimiento de agua potable mediante el diseño de un acueducto para la comunidad de Los Andes.

### **5.1. Tipo de investigación**

Este trabajo posee un enfoque de investigación mixta, esto debido a que se encuentra orientado hacia la investigación cualitativa y cuantitativa. De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza-Torres (2012), las investigaciones mixtas o híbridas es un conjunto de procesos que abarcan sectores sistemáticos, empíricos y críticos de investigación. Por lo tanto, esto implica la recolección y análisis de datos tanto cuantitativos como cualitativos, donde existe una integración y discusión conjunta. Para la realización infieren productos de toda la información, con el fin, de obtener un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio. Se utilizan evidencias de datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicos y de otra clase para comprender el problema.

Se reconocen cinco propósitos u objetivos que se evidencia cuando se utiliza una investigación con enfoque mixto, como Hamui, (2015), indica las siguientes:

- Informar acerca del desarrollo de un método a partir de otro, donde se utilizan la secuencia para incrementar la validez de un constructo.
- Para explorar área que se ponen en el fenómeno de interés con el uso de distintos métodos con el fin de mejorarlos, ilustrarlos o clarificar los resultados.
- Triangular y corroborar los resultados utilizando distintos tipos de datos.
- Para incrementar la problematización del estudio al hacer converger la metodología en varios componentes de la pregunta de investigación.
- Especificar las inconsistencias descubiertas que abre nuevas perspectivas desarrolladas en el análisis y los resultados al emplear investigación mixta.

### **5.2. Población y muestra del estudio**

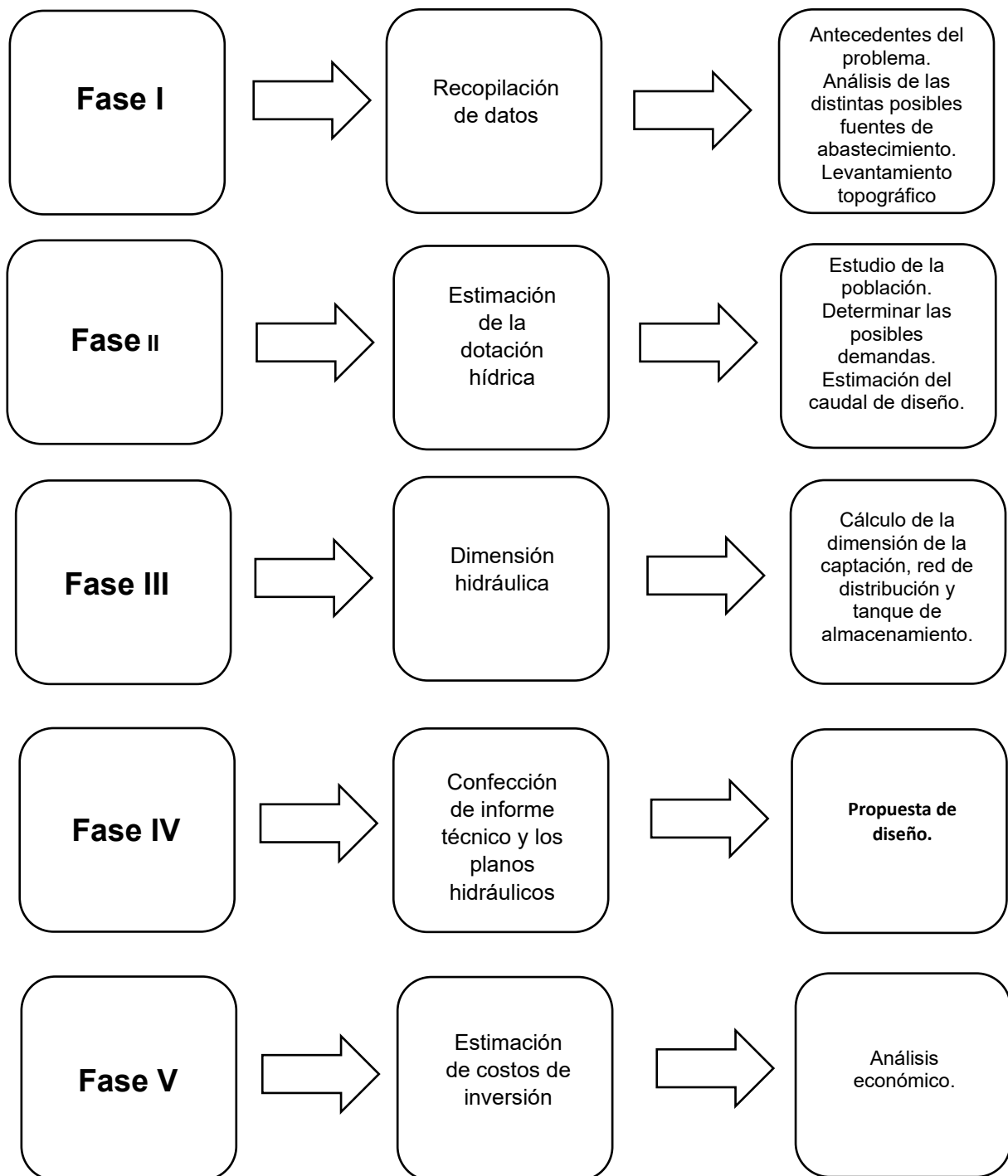
En el presente estudio, la muestra de población en beneficio de este estudio es la comunidad de Los Andes ubicado en el cantón de La Cruz, esto debido, a la problemática

de la carencia del acceso de agua potable que durante años ha prevalecido en la comunidad. Con una cantidad aproximada de 70 familias en la zona de estudio.

### 5.3. Proceso metodológico seleccionado

El proceso metodológico para desarrollar el proyecto se divide en cinco fases, donde estas se basan en las actividades principales acerca de los objetivos principales planteados en el capítulo I, que son ruta para la propuesta de diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Los Andes de La Cruz, Guanacaste (Figura 5.1.).

**Figura 5. 1. Fases para culminar el proyecto.**



Fuente: Elaboración propia, 2024.

### 5.3.1 Herramientas tecnológicas computacionales seleccionadas

Debido a la magnitud del proyecto es necesario la utilización de una serie de herramientas tecnológicas computacionales que facilitan el proceso para cumplir con los objetivos propuestos, a continuación, se mencionaran las herramientas utilizadas y su aplicación:

- Autocad software de diseño asistido por computadora (CAD) 2D y 3D, utilizado para el trazado del sistema de alcantarillado pluvial y trazo de curvas de nivel de la zona de estudio. Presenta una extensión del software es .dwg.
- QGIS software de Sistema de Información Geográfica (GIS) de licencia libre. Permite la utilización de formatos ráster y vectorial, utilizado para dimensionar el área de estudio para las características biofísicas como temperatura, relieve, red hidrológica, precipitación, entre otros.
- Epanet software especializado en la modelación del sistema de distribución de agua, donde se visualiza el comportamiento del movimiento. Utilizado para dimensionar el comportamiento del movimiento, caudal y presiones del agua a través del sistema de distribución del acueducto.

### 5.4. Descripción general de la metodología propuesta

Con el fin del cumplimiento de este proyecto, se procedió a realizar el proceso metodológico con relación a los objetivos específico planteado. Por lo cual, en cada uno de ellos se evidencia el proceso para su cumplimiento.

#### 5.4.1. Evaluación de las posibles fuentes de abastecimientos de agua potable mediante una revisión de estudios para la selección de la fuente óptima para la comunidad de Los Andes.

A continuación, se describe de manera detallada las etapas que conlleva la realización de este objetivo:

- Recopilación de información se realizó una recolección y análisis de información obtenida a partir de una investigación relacionada a diferentes tipos de estudios aplicado en la comunidad de Los Andes en los últimos años, donde se ha pretendido la construcción de un acueducto.

- Selección de la fuente de abastecimiento óptima para la comunidad de Los Andes de La Cruz, Guanacaste en este caso, se realizó un análisis acerca de las diferentes opciones de la fuente de abastecimiento para la comunidad de Los Andes, se consideraron factores como inversión, potabilización y traslado. El primer factor es la inversión donde se considera la construcción de un pozo en alguna de las tres posibles fuentes que reconoció la Municipalidad de La Cruz, seguidamente, es la potabilización debido a que existe un pozo construido aproximadamente hace 10 años, sin embargo, se encuentra contaminado por la presencia de hierro y por último, es el traslado esto debido a que los costos de inversión de la construcción de un pozo o la potabilización de agua es muy alto se optara en integrar a la comunidad de Los Andes con la ASADA de La Garita, por ende, el agua se debe de trasladar hasta la zona de estudio.

#### **5.4.2. Estimación la dotación hídrica para la cuantificación de la demanda de agua potable en la población de Los Andes mediante la Norma Técnica de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable de Saneamiento y Sistema Pluvial del AyA.**

Para este apartado, se realizaron las siguientes actividades que conlleva completar este objetivo:

- Selección del período de diseño del acueducto de acuerdo con la Norma Técnica de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable de Saneamiento y Sistema Pluvial del AyA, indica que para las líneas de conducción se diseñan con un periodo de 25 años, por lo tanto, se utiliza ese dato.
- Estudio de la población por medio del método de proyección geométrico se estimó la cantidad de habitantes para el último año del periodo de diseño, que corresponde el año 2049. Se utilizó la metodología del AyA (2017), la ecuación 5.1. donde se multiplicó las unidades habitacionales por el factor de hacinamiento.

$$Pd: UH * FH (5.1)$$

**Dónde:**

**Pd:** Población de diseño.

**UH:** Unidades habitacionales.

**FH:** Factor de hacinamiento

Luego se estimó la población de futura ( $P_f$ ):

$$P_f = P_{c2} * (1 - r)^n \quad (5.2)$$

**Dónde:**

**$P_{c2}$ :** Censo 2.

**r:** Tasa de crecimiento anual, para los sectores rurales es de un 3,5%.

**n:** resta entre el año del periodo de selección y el censo 2.

Con la dotación y la cantidad de población para el año 2050 se aplicó la ecuación 5.4 para la determinación del caudal promedio:

$$Q_{prom} = \frac{población * dotación}{86\ 400\ s} \quad (5.4)$$

**Dónde:**

**Población:** Habitantes para el año 2050.

**Dotación:** litros por persona por día.

**86 400:** Factor de conversión de día a segundos.

**$Q_{prom}$ :** Caudal promedio.

Se estimó el caudal máximo diario ( $Q_{md}$ ):

$$Q_{md} = f_{md} * Q_{prom} \quad (5.5)$$

**Dónde:**

**$Q_{prom}$ :** Caudal promedio.

**$F_{md}$ :** Factor de conversión (1,2)

Por último, se calculó el caudal máximo horario:

$$Q_{mh} = f_{mh} * Q_{prom} \quad (5.6)$$

**Dónde:**

**$Q_{prom}$ :** Caudal promedio.

**$F_{mh}$ :** Factor de conversión (1,8)

### 5.4.3. Dimensionamiento hidráulico de la fuente, tanque de almacenamiento y red de distribución para la simulación operativa del sistema de acueducto utilizando del software Epanet.

A continuación, se describió de manera detallada la etapa que conlleva la realización de este objetivo:

- Cálculo de la dimensión del diámetro del sistema para el cálculo del diámetro del sistema, con la ecuación empírica coeficiente Hazen – Williams ecuación 5.6 (Rodríguez, 2020).

$$d = \frac{1,626 * l^{0,205} * Q^{0,38}}{C_h^{0,38} * h_f^{0,205}} \quad (5.7)$$

**Dónde:**

**d:** Diámetro de tubería.

**H<sub>f</sub>:** Pérdida por fricción.

**Q:** Caudal.

**C<sub>H</sub>:** Constante tubo.

**l:** Longitud total del tramo (m).

Asimismo, se respaldó con la verificación del diámetro con la fórmula de Bresse:

$$d = K * \sqrt{Q} \quad (5.8)$$

**Dónde:**

**Q:** Caudal.

**K:** Constante (1,2.)

- Modelación del sistema diseñado hidráulico por medio del software Epanet para la comprobación de los cálculos obtenidos con anterioridad cumplan con los requerimientos establecidos se utilizó el software Epanet. En el cual se ingresaron los datos necesarios que solicita el software para la modelación, finalizado el proceso, se extrajeron los resultados obtenidos como presiones, velocidades y caudal.

### 5.4.4. Confección del informe técnico y los planos hidráulicos en conjunto con las especificaciones técnicas del sistema de acueducto por medio del software AutoCAD para futura implementación para el acueducto.

Para este apartado, se realizaron las siguientes actividades que conlleva completar este objetivo:

- Confección de planos preliminares en este caso, con ayuda del software AutoCAD y los resultados obtenidos en el cálculo de la dimensión de la captación, red de distribución y tanque de almacenamiento, se procedió a trazar los planos constructivos preliminares. Los cuales incluyeron, vista en planta y perfiles detallados, la ubicación de los distintos elementos que conlleva un acueducto como fuente de abastecimiento, tanque de almacenamiento, red de distribución, válvulas, entre otros.

#### **5.4.5. Estimación de los costos de inversión para la implementación del acueducto en Los Andes de La Cruz, Guanacaste.**

A continuación, se describe de manera detallada la etapa que conlleva la realización de este objetivo:

- Estimación de costos total del acueducto se realizará estimación de los costos totales que conlleva efectuar un acueducto, como los materiales de construcción que serán estimados por los planos realizados en el software AutoCAD. Además, la mano de obra, maquinaria, entre otros. Para esto se necesitó el software Microsoft Excel, donde se seleccionará una hoja por cada costo.

#### **5.5. Presupuesto y Cronograma**

Según Stsepanets (2023) el presupuesto de un proyecto se refiere a la suma de costos estimados de todas las actividades del proyecto que son requeridas para su competición. Sin embargo, la elaboración de un presupuesto para un proyecto empieza con una iniciación considerando así un proceso continuado. Por ende, no solamente es realizar una estimación y formalización, después de la planificación de este se debe de realizar un seguimiento, ajuste y actualización y análisis posterior. Por lo tanto, el presupuesto que permite visualizar la cantidad de dinero que es requerido para llevar a cabo las diferentes etapas del proyecto, para esto se apreció un valor aproximado de ₡2 372 903. Para una mayor visualización de cada monto asignado de acuerdo con los requerimientos de cada apartado necesario para lograr la ejecución de los objetivos, se localizan en la sección del capítulo IV, sin embargo, en el anexo 4.1 se encuentran con mayor detalle.

El diagrama de Gantt es un instrumento que es utilizado para la planificar y programar tareas a lo largo de un período determinado tiempo. Debido a su fácil y cómoda visualización de las tareas a realizar, permite realizar el seguimiento y control del progreso

de cada una de las etapas de un proyecto. Permite la reproducción gráfica de las tareas, su duración y secuencia, asimismo, del calendario general del proyecto y la fecha de finalización prevista (Handl, 2014). En el anexo 5.1 se muestra el cronograma de las actividades del proyecto, donde se visualiza el tiempo que se utilizó en cada una de las distintas actividades, desde que comienzan hasta donde finalizan. Esto facilita a la comprensión de manera clara y detallada del proceso y de los plazos que demanda su ejecución.

## **5.6. Ética en la investigación**

Este estudio se rigió a través del marco de la ética profesional, en el cual todo trabajo y actividad realizada para la efectuación de este proyecto fueron honesta y transparente. Como investigadora me apegue al principio que se refiere a la obligación que existe de contribuir al bienestar humano y a la sociedad en sí, donde se da la importancia a la protección de la vida y al ambiente natural por medio de un uso adecuado de los recursos que este provee y conservar el ambiente a partir de la prevención de los impactos ambientales negativos (Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, [CFIA], 2013).

De acuerdo con la Gaceta Oficial (1995) se acordó en el artículo 1 y 4, mismos que indican que todo miembro incorporado al Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica están al servicio de la sociedad, por lo tanto, tienen como obligación de construir al bienestar humano, priorizando así la protección de la vida, la adecuada utilización de los recursos y la conservación de un ambiente sano, por medio de medidas para la prevención, minimización o mitigación potenciales de impactos ambientales.

Asimismo, como se menciona en los artículos 2 y 3, se indica que los miembros incorporados al Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos deberán de promover y defender la integridad, el honor y la dignidad de su profesión. También, como respetar la Ley Orgánica del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos y su Reglamento Interior General, Código de Ética Profesional, entre otros.

Por último, todo arquitecto o empresarios que se han encargado por medio de ajuste o no, a una construcción sea de edificio o puente, es el responsable de su pérdida total o parcial, con la responsabilidad de cinco años contando desde la recepción de los trabajos (Ley N° 63, 1887).

En resumen, este capítulo contiene todo el proceso que se debe de realizar en este proyecto, donde se evidenció un proceso metodológico que se desglosa en cinco fases. Primero la recopilación de datos, seguido, por la estimación de la dotación hídrica de la zona de estudio, asimismo, dimensión hidráulica de cada sección del acueducto, también, la confección de los planos hidráulicos y por último, la estimación de los costos de inversión que conlleva un acueducto. Es importante resaltar, que la metodología implementada permitió el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

## Capítulo 6. Resultados y discusión

En este capítulo se evidencia los principales resultados con su referente análisis con relación a la propuesta metodológica planteada en el capítulo V.

### 6.1. Análisis de resultados de acuerdo con los objetivos

A continuación, se evidenciará cada uno de los resultados obtenidos en los apartados para cumplir cada uno de los objetivos del proyecto.

#### 6.1.1. Evaluar las posibles fuentes de abastecimientos de agua potable mediante una revisión de estudios para la selección de la fuente óptima para la comunidad de Los Andes

Seguidamente, se presentan los resultados obtenidos de acuerdo con la metodología planteada para este objetivo:

➤ Paso 1. Recopilación de información

Por medio de una investigación en relación con diferentes tipos de estudios generados en la comunidad de Los Andes en los últimos años se recopilaron los siguientes:

- a. Estudio de prefactibilidad para la construcción de un sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad de Los Andes, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica realizado por la colega Ing. María Valeria Montiel V., (2021).
- b. Estudio de sostenibilidad técnica del servicio de agua potable del acueducto de La Garita, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica, realizado por los colegas Ing. Alex Hurtado Salazar y Ing. Ana María Moroney Matarrita, (2022).
- c. Diagnóstico de una Asociación de Desarrollo Comunal Los Andes de Dirección Nacional de Desarrollo Comunal [DINADECO], (2023).
- d. Evaluación Familia Los Andes, La Cruz de Operación Bendición (2022).
- e. Prueba de calidad de agua de tipo Nivel Primero (N1), Nivel Segundo (N2) y Nivel Tercero (N3) por parte del Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe [HIDROCEC-UNA], (2024).
- f. Levantamiento topográfico para la línea de conducción y red de distribución realizado por Ingeniero topográfico de la Municipalidad de La Cruz Alex Villalobos con asistencia de la Ing. Elsa Soto Orozco (2024).

- g. Informe de Ensayos Química del pozo perforado en la comunidad de Los Andes en el año 2022 por medio de la Municipalidad de La Cruz, Guanacaste.
- h. Inspección a comunidad Los Andes para alternativas de solución para atender problemática de acceso a agua potable por parte del Instituto de Acueductos y Alcantarillado de La Cruz en conjunto con la Municipalidad de La Cruz en el 2022.
- i. Prueba de calidad de agua de tipo Nivel Primero (N1), Nivel Segundo (N2) y Nivel Tercero (N3) por parte del Laboratorio Nacional de Aguas, (2016).
- j. Unidad Técnica de perforaciones por parte Instituto Costarricense de Acueducto y Alcantarillado, (2016).
- k. Prueba de bombeo por parte del Instituto Costarricense de Electricidad, (2016).
- l. Informe de perforación pozo ICEE-02 Los Andes de La Cruz por parte Instituto Costarricense de Acueducto y Alcantarillado, (2016).
- m. Visita de inspección y muestreo a las fuentes de las escuelas Los Andes, San Fernando y La Libertad por parte Instituto Costarricense de Acueducto y Alcantarillado, (2016).

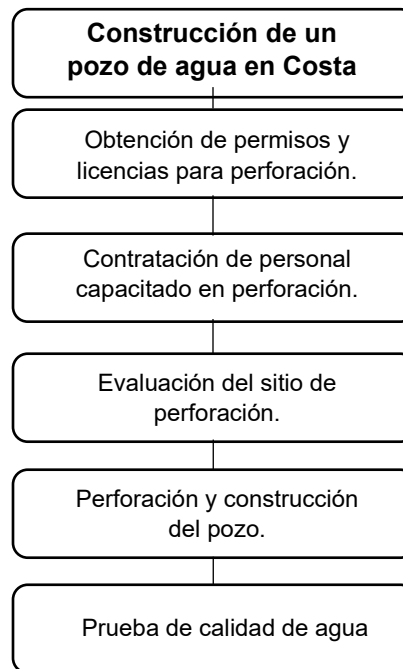
➤ *Paso 2. Selección de la fuente de abastecimiento óptima para la comunidad de Los Andes de La Cruz, Guanacaste.*

Por medio de la recopilación de la información de acuerdo de las posibles opciones de fuente de abastecimiento, se determinaron los procesos y documentación que conlleva cada una, para la selección de la más óptima y con esta poder llevar a cabo el diseño del acueducto.

- Construcción de un pozo para la comunidad de Los Andes, La Cruz.

La construcción de un pozo es considerada una alternativa como fuente de abastecimiento para la comunidad de Los Andes. La implementación de esta iniciativa en Costa Rica presenta una limitación en términos legales, debido a lo que implican los procedimientos y trámites requeridos con el fin de realizar una perforación de un pozo y su adecuado funcionamiento.

**Figura 6. 1. Etapas para la construcción de un pozo de agua en Costa Rica.**



**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

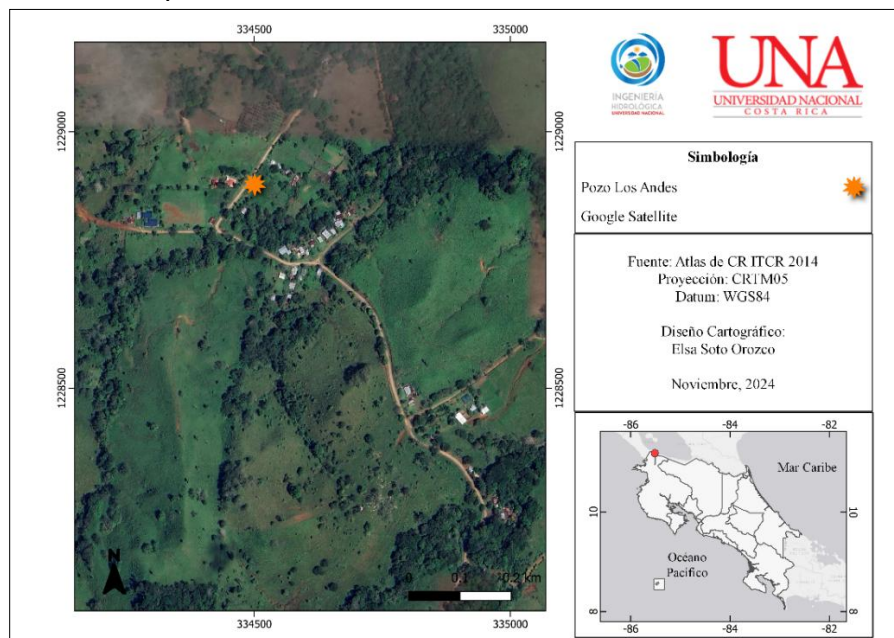
Para la perforación de un pozo de agua se deben de cumplir ciertos requisitos. En primera instancia es la adquisición de permisos y licencias con las entidades como el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) y Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). Seguidamente, deberán de contratar servicios profesionales con experiencias en el tema. Además, que estos presenten la vigencia de su licencia y equipo óptimo para el desarrollo del proyecto.

Asimismo, se debe brindar una evaluación y estudio del sitio de perforación, donde se aplique el desarrollo de estudios geológicos, levantamientos hidrogeológicos y una determinación de la profundidad y calidad del nivel freático que este proporcionará. Con la realización de estas evaluaciones y estas cumplan lo normado, se procede con la realización de la perforación del pozo, el cual el proceso tiene un tiempo estimado de 10 días sin presentar algún atraso por clima o daño de un equipo. Además, se debe de aplicar una prueba de bombeo de 72 horas y una prueba de calidad de agua con el fin de garantizar el cumplimiento de los estándares estipulados en el Reglamento para la calidad del Agua Potable.

- Potabilización del agua del pozo perforado en la comunidad de Los Andes.

En la comunidad de Los Andes en el año 2016 por medio de un convenio del AyA-ICE se perforo un pozo al costado derecho de la plaza de deporte. Este se ubica en las coordenadas geográficas  $11^{\circ}06'33.82''$  N,  $85^{\circ}30'54.41''$  con una altitud de 185 m.s.n.m.

**Figura 6. 2.** Pozo perforado en la comunidad de Los Andes, La Cruz, Guanacaste.



**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

Sin embargo, en la aplicación de la prueba de calidad de niveles de control de calidad del agua de nivel primero (N1), nivel segundo (N2) y nivel tercero (N3) por parte del AyA en el 2016, detectó que el agua presentaba una concentración elevada de hierro (Fe). Por lo tanto, su recomendación fue la no utilización como fuente de abastecimiento del pozo.

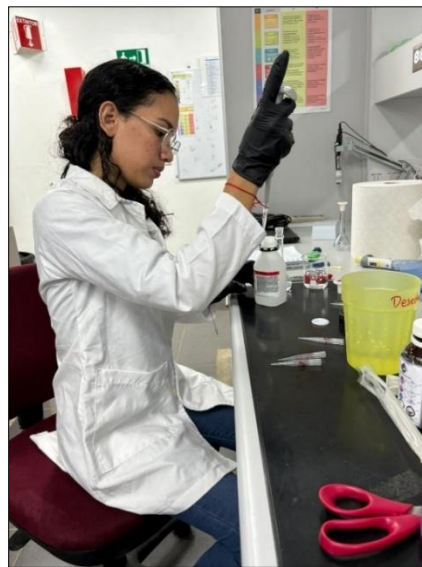
**Figura 6. 3.** Muestreo en la Escuela de Los Andes de La Cruz, Guanacaste.



**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

Después de cinco años se aplicó nuevamente una prueba de calidad de agua N1, N2 y N3 al pozo en conjunto de HIDROCEC para conocer si en él todavía se evidencia la presencia de hierro (Fe). No obstante, los resultados evidenciaron este metal pero en menor presencia, los cuales respetan los estándares máximos admisibles en el Reglamento para la calidad del Agua Potable N° 38924-S.

**Figura 6. 4.** *Preparación de las muestras para la prueba de calidad de agua en HIDROCEC.*



**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

- Integración de la comunidad de Los Andes con la ASADA de La Garita

En los últimos años la comunidad de Los Andes ha intentado realizar el proceso formal para la formación de una ASADA. Pero esto ha sido una tarea fallida por temas que el AyA no están efectuando la inscripción de ASADAS debido al alta demandan que existe por el momento.

Por lo cual, una solución para el poblado de Los Andes es su integración de la ASADA de La Garita, IDEO: 00309-2024, donde se aplicaría la “Guía para el desarrollo de proyectos de infraestructura de acueductos administrados por ASADAS” abarcando así el ciclo del proyecto que se efectúan los siguientes puntos: Diagnóstico, preinversión, ejecución y operación.

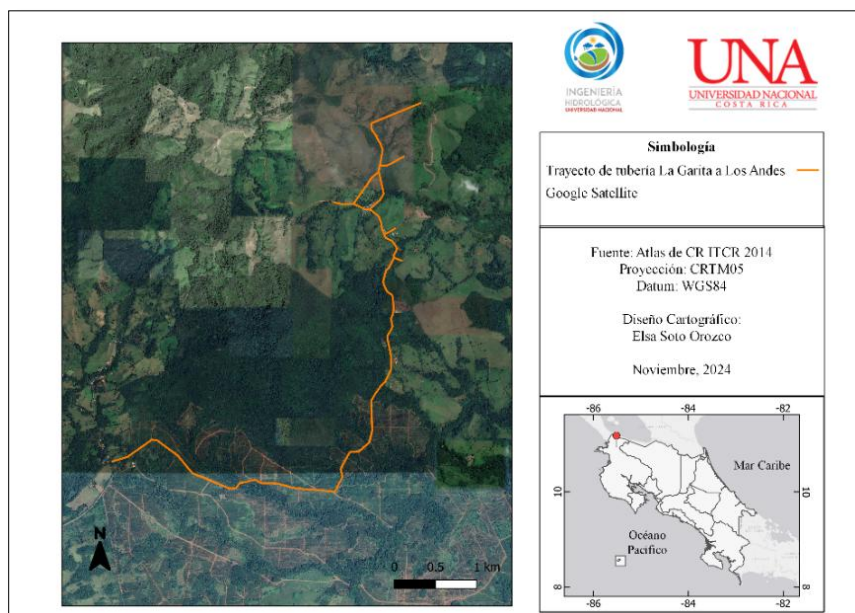
**Figura 6. 5.** *Ciclo del proyecto de la Guía para el desarrollo de proyectos de infraestructura de acueductos administrados por ASADAS.*



Fuente: AyA, 2021.

No obstante, hay que conocer el estado del acueducto de La Garita en términos de capacidad de abastecimiento de sus pozos. Esto con el fin de determinar si serían capaces de abastecer la población de Los Andes. Es importante mencionar que el abastecimiento se implementaría el método de bombeo por la distancia que existe entre ambos poblados con un trayecto de 5 km entre ambos poblados (Figura 6.6.).

**Figura 6. 6.** Trayecto de la propuesta de la tubería de La Garita hasta Los Andes, La Cruz, Guanacaste.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Por lo tanto, para la comunidad de Los Andes se determina que la fuente con más viabilidad es la selección del uso del pozo perforado por parte del ICE con convenio con AyA con la implementación de un tratamiento de eliminación del Hierro. Sin embargo, es relevante, que la comunidad se integre a la ASADA de La Garita con la finalidad de un

representante legal para términos de donaciones, solicitudes de pruebas de calidad y demás.

### **6.1.2. Estimar la dotación hídrica para la cuantificación de la demanda de agua potable en la población de Los Andes mediante la Norma Técnica de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable de Saneamiento y Sistema Pluvial del AyA.**

Para este apartado, se obtuvieron los siguientes resultados que conllevaron a completar este objetivo:

➤ *Paso 1. Selección del periodo de diseño del acueducto*

Se propone un periodo de diseño de 25 años para la obra, por lo tanto, su operación óptima sería hasta el año 2050.

➤ *Paso 2. Estudio de la población*

La comunidad de Los Andes se registran 34 viviendas a las cuales se pretende brindar el servicio de agua potable, asimismo, como a los diferentes servicios no domiciliarios en el pueblo, es de suma importancia obtener el servicio equivalente para esas acometidas que no son domiciliarias.

**Cuadro 6. 1. Servicios equivalentes para la estimación del número de acometidos domiciliarios para la comunidad de Los Andes de La Cruz.**

<b>Servicio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Servicio Equivalente</b>
Escuela	1	26 Estudiantes	1
Iglesia	1	521 m <sup>2</sup>	1
EBAIS	1	1 236 m <sup>2</sup>	6
Plaza deportiva	1	6 438 m <sup>2</sup>	32
Viviendas	34	-	34
<b>Total de UH</b>			<b>74</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

A partir del total de UH se estima la población actual de la comunidad de Los Andes con un total de 253 habitantes y una población futura de 262 habitantes con una proyección de 25 años.

➤ *Paso 3. Estimación del caudal de diseño*

Con la obtención de la población de diseño (Pr) para la comunidad de Los Andes es importante determinar el caudal actual y futuro en este caso se utilizó una dotación bruta de 150 l/per/días. Para la comunidad de Los Andes se determinó los dos escenarios para efectuar una correcta evaluación de su posible acueducto, donde se estima el caudal necesario para el 2024.

**Cuadro 6. 2. Caudales obtenidos para el año 2024.**

<b>Caudal</b>	<b>2024</b>
Caudal promedio diario	0,44 l/s
Caudal máximo diario	0,53 l/s
Caudal máximo horario	0,79 l/s

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

Asimismo, de acuerdo con el periodo de diseño seleccionado se estimó el caudal para el año 2050.

**Cuadro 6. 3. Caudales obtenidos para el año 2050.**

<b>Caudal</b>	<b>2024</b>
Caudal promedio diario	0,45 l/s
Caudal máximo diario	0,54 l/s
Caudal máximo horario	0,81 l/s

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

Como se puede observar para el este año el acueducto presenta un caudal promedio diario de 0,44 l/s, caudal máximo diario 0,53 l/s y un caudal máximo horario de 0,79 l/s. Para el año 2050 el caudal promedio diario es de 0,45 l/s, caudal máximo diario 0,54 l/s y caudal máximo horario de 0,81 l/s, donde se evidencia que la diferencia de ambos años son mínimos.

### **6.1.3. Dimensionar hidráulicamente la fuente, tanque de almacenamiento y red de distribución para la simulación operativa del sistema de acueducto utilizando del software Epanet.**

A continuación, se describen de manera detallada los resultados obtenidos a través de la realización de este objetivo:

- Paso 1. Dimensionamiento del diámetro del sistema

Para el diseño de la línea de conducción entre la naciente y el tanque de almacenamiento del acueducto de Los Andes, donde se evidencia una pérdida de 20 m. por lo cual, la pérdida estática (elevación del pozo) es de 185 m.s.n.m y una pérdida dinámica (elevación del tanque) de 205 m.s.n.m.

A partir de esta información se obtuvo que el diámetro de la tubería interno de 27,88 mm, con base a las tuberías y sus diámetros comerciales se escoge un SDR 26 con un diámetro nominal de 38 mm, por lo tanto, se utilizará un diámetro de 1 ½ pulgadas. Es importante asimismo conocer la operación de la línea de impulsión, por lo tanto, se deben de comprobar que las presiones de trabajo no exceden para la tubería de PVC. El cálculo del golpe de ariete se muestra a continuación:

**Cuadro 6. 4. Golpe de ariete en línea de impulsión.**

<b>Datos</b>	<b>Valor</b>
Presión estática	20 mca
Velocidad (m/s)	0,49 m/s
Área (m <sup>2</sup> )	330 m/s
Aceleración de la gravedad (m/s <sup>2</sup> )	9,81
Sobrepresión por golpe de ariete	16,48

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

El golpe de ariete representa una presión adicional de 16,48 mca para la línea de impulsión. A partir de la información topográfica obtenida en el levantamiento en campo, se identifica que la superficie del terreno se encuentra a 185 m.s.n.m. y el tanque a 205 m.s.n.m con una diferencia de 20 m.s.n.m de altura.

Por lo tanto, la presión que incluye el golpe de ariete proporcionado es:

$$P_{\text{total}} = 16,48 + 20 = 36,48 \text{ mca}$$

La presión total para la condición de golpe de ariete no excede la presión de trabajo de PVC SDR 26, donde la presión admisible es de 160 mca. Con respecto con la red de distribución se utiliza un diámetro de tubería de acuerdo con la Norma Técnica de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable de Saneamiento y Sistema Pluvial donde establece que para el ramal principal se utilice un diámetro de 4 pulgadas y la red secundaria de 3 pulgadas con un SDR 26.

➤ Paso 2. Modelación del sistema diseñado hidráulico por medio de software Epanet

Con el fin de garantizar un buen funcionamiento del acueducto de la comunidad de Los Andes, se generó un modelo hidráulico por medio del software Epanet, esto es una herramienta importante para realizar la red de conducción y de distribución de agua y así observar su comportamiento.

- Tanque de almacenamiento

El dimensionamiento del tanque de almacenamiento para el acueducto de Los Andes está conformado por la sumatoria de los volúmenes: regulación del consumo, reserva para incendios y reserva por interrupciones.

**Cuadro 6. 5.** *Volúmenes para el diseño del tanque de almacenamiento para el año 2024 y 2050 para el acueducto de Los Andes, La Cruz, Guanacaste.*

<b>Volumen</b>	<b>2024</b>	<b>2050</b>
Volumen de regulación del consumo	5,31 m <sup>3</sup>	5,44 m <sup>3</sup>
Volumen de interrupciones	6,33 m <sup>3</sup>	5,44 m <sup>3</sup>
Volumen de incendio	15 m <sup>3</sup>	15 m <sup>3</sup>
Volumen del tanque	26,64 m <sup>3</sup>	26,92 m <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

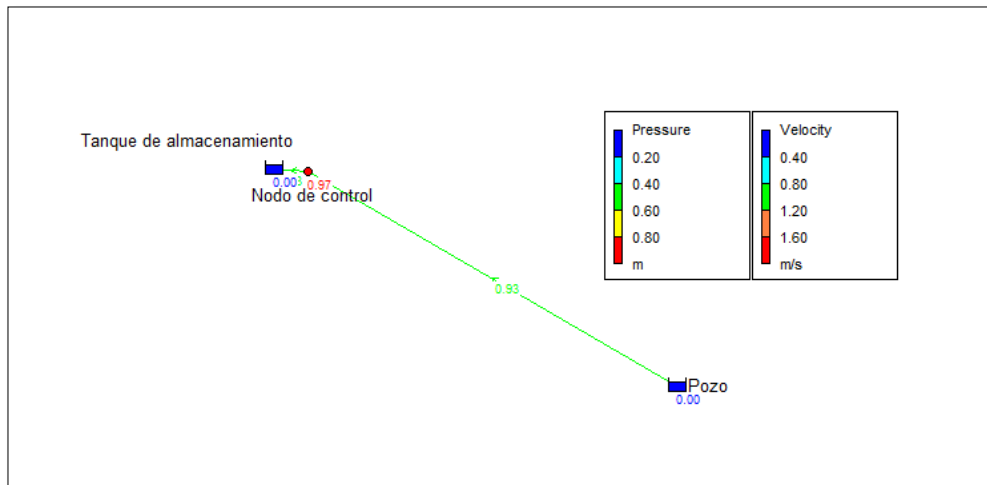
Para el año 2024 el tanque de almacenamiento debe de presentar un volumen de 26,64 m<sup>3</sup> para el abastecimiento, por lo tanto, para este año se necesita un tanque de almacenamiento de polietileno de alta densidad (PEAD) de una capacidad de 27 000 litros. Para el año 2050 no se necesita un rediseño del tanque de almacenamiento por el motivo que la diferencia del volumen del tanque del 2024 al 2050 presenta una diferencia de 0,28 m<sup>3</sup>.

- Modelación de la línea de conducción para el acueducto de Los Andes, La Cruz.

Con base a las especificaciones y datos obtenidos con anterioridad se realizó el diseño de la línea de conducción del acueducto de los Andes. En el cual, se utilizó una tubería de diámetro nominal de 1 ½ pulgadas representando un diámetro de 44,56 mm y con una rugosidad de 120.

El tanque de almacenamiento se encuentra en la elevación de 205 m.s.n.m y el pozo de abastecimiento a 185 m.s.n.m con un trayecto de tubería de 118 m. Por medio de esta modelación la línea de impulsión presenta una capacidad de soportar una velocidad de 0,98 m/s y una presión de 0,97 m.

**Figura 6. 7.** Velocidad y presión en la línea de conducción del acueducto de Los Andes

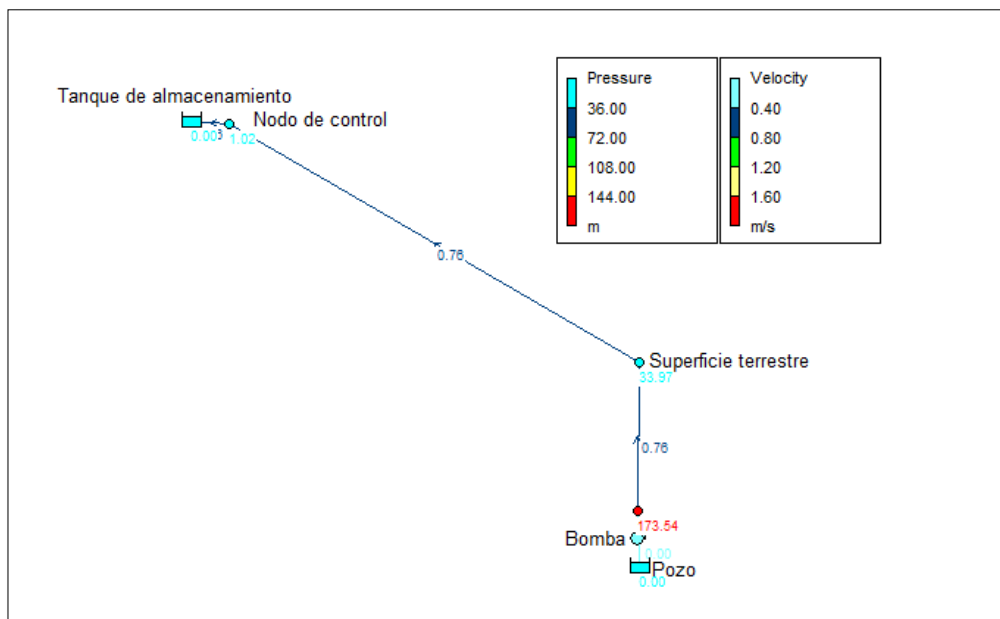


**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

- Modelación de la línea de impulsión para el acueducto de Los Andes, La Cruz.

Se determinó la potencia de la bomba para la línea de impulsión del acueducto de 1,22 HP, donde la altura de bombeo fue de 99,4 metros, donde la diferencia de la altura del pozo al tanque fue de 20 m, una profundidad del pozo de 49 metros y sobrebombeo del 10% dando así una altura de 6,9, el caudal a bombear es de 0,79 l/s y se utilizó una eficiencia del 0,70. La línea de impulsión presenta una capacidad de soportar una presión 1 m y una velocidad de 0,76 m/s.

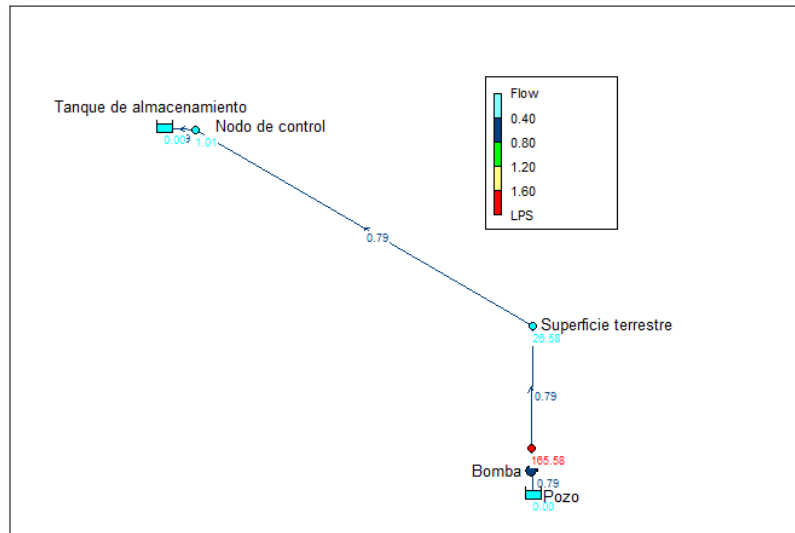
**Figura 6. 8.** Velocidad y presión en línea de impulsión para el acueducto de Los Andes.



**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

A partir de la modelación se determinó que la línea de impulsión diseñada tiene la capacidad de conducir un caudal de 0,79 l/s los necesarios para el abastecimiento de la comunidad de Los Andes.

**Figura 6. 9.** Caudal en la línea de impulsión del acueducto de Los Andes.

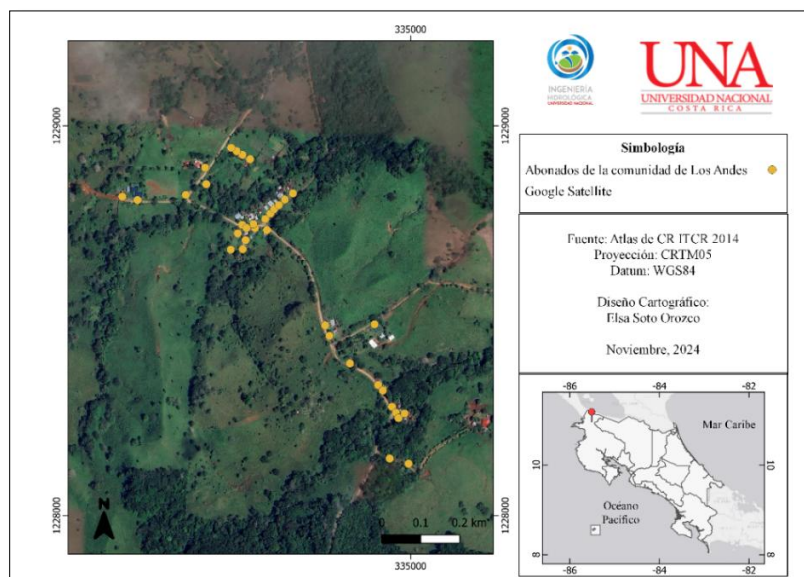


**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

- Modelación de la red de distribución para el acueducto en la actualidad.

Para la evaluación de la red de distribución se identificaron 54 posibles abonados del acueducto, sin embargo, esta se realizará por 3 etapas. Donde la primera sería el sector más poblado que abarca un total de 37 previstas.

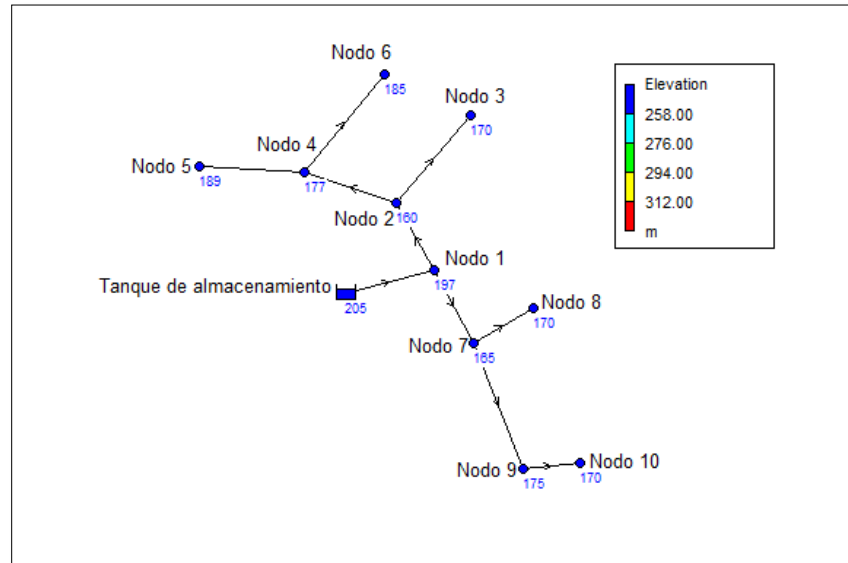
**Figura 6. 10.** Abonados de la comunidad de Los Andes, La Cruz, Guanacaste.



Fuente: Elaboración propia, 2024

La elaboración del modelo hidráulico se presenta de la siguiente manera donde presenta un total de diez nodos, un tanque de almacenamiento y un recorrido de tuberías de 5 km de un diámetro de 100 mm o 4 pulgadas.

**Figura 6. 11.** *Diseño de la red de distribución y elevaciones del acueducto de Los Andes.*

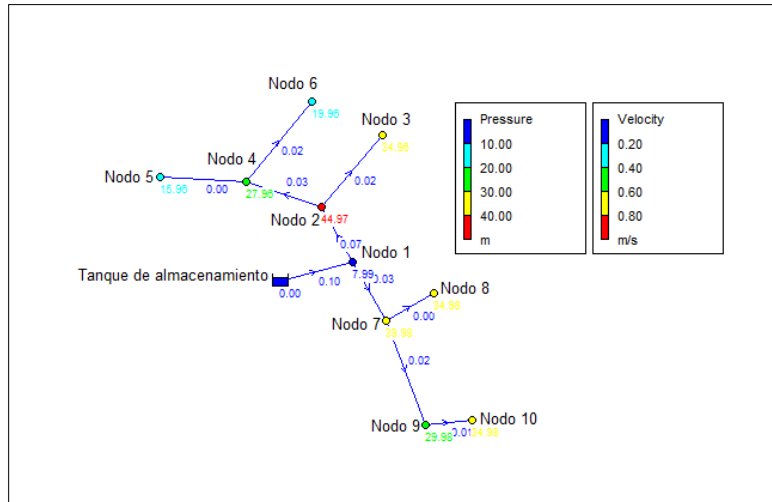


Fuente: Elaboración propia, 2024.

Los nodos con mayores demandas fueron el nodo 2 con una demanda de 0,17 l/s, el nodo 9 de 0,15 l/s y los nodos 3 y 6 de 0,13 l/s esto debido a que son los puntos donde se evidencia la mayor concentración de las casas de la comunidad de Los Andes (Anexo 6.8). Para finalizar con la modelación de la red de distribución se asignó una tubería de dos diámetros nominales, en los ramales principales de 100 mm y en ramales de salida de 75 mm de una SDR 26 dando así como resultado diámetros de 105,52 mm y 81,96 mm con un coeficiente de rugosidad de 120 y la longitud de cada uno de los tramos (Anexo 6.7.).

La finalidad de la realización de la modelación de la red de distribución se extraen los resultados de velocidad que presentan la tubería y las presiones de cada uno de los nodos.

**Figura 6. 12.** *Velocidades y presiones en la red de distribución del acueducto de Los Andes, La Cruz, Guanacaste.*



**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

Se evidencia que las velocidades de la modelación de la red presentan rangos desde los 0,00 m/s hasta los 0,10 m/s, los primeros tramos comenzaron el tramo de tanque - nodo 1 con una velocidad de 0,10 m/s, nodo 1 - nodo 2 de 0,07 m/s y nodo 2 – nodo 4 de 0,03 m/s.

En el caso de las presiones de la red de distribución se observa que estas rondan entre los 15,95 m hasta los 44,97 m. Donde se evidenció las presiones más altas en los nodos 2 con una presión de 44,97 m y la presión más baja se encuentra en el nodo 5 con un valor de 15,95 m.

- Modelación de la red de distribución para el acueducto dentro 25 años.

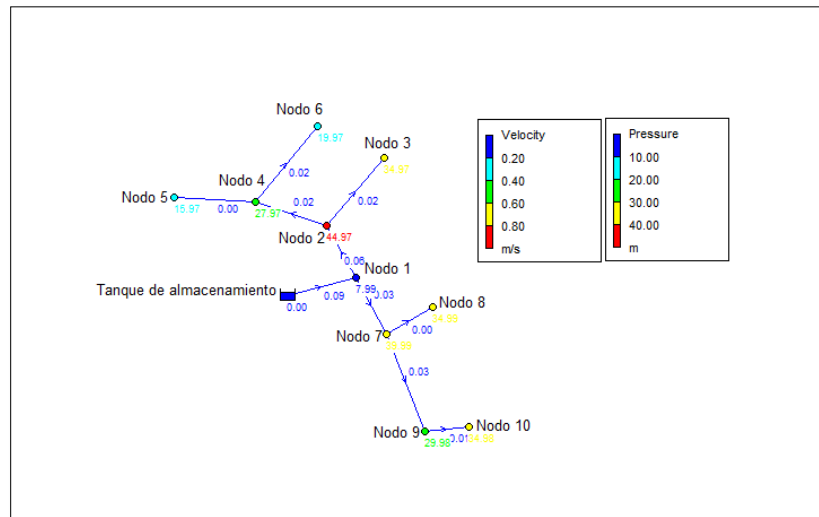
Para el acueducto, se realizó una modelación hidráulica proyectada al año 2050, ya que este correspondía al periodo de diseño estimado. El objetivo de esta modelación fue determinar si era necesario un rediseño en alguna zona debido a las nuevas demandas de la población.

En este caso, se conserva el diseño del acueducto donde se procedió a calcular la demandan de los nodos (Anexo 6.19.). Los nodos con mayores demandas fueron el nodo 2 con una demanda de 0,18 l/s, el nodo 9 de 0,15 l/s y por último nodo 3 y 6 de 0,13 l/s, esto debido a que son los puntos donde se evidencia la mayor concentración de las casas de la comunidad de Los Andes.

Para finalizar con la modelación de la red de distribución se asignó una tubería de dos diámetros nominales, en los ramales principales de 100 mm y en remales son salida de 75 mm de una SDR 26 dando así como resultado diámetros de 105,52 mm y 81,96 mm

con un coeficiente de rugosidad de 120 y la longitud de cada uno de los tramos. La modelación de la red de distribución para el 2050 se obtuvieron resultados de velocidad que presentan las tuberías y las presiones de cada uno de los nodos.

**Figura 6. 13.** Velocidades y presiones en el 2050 para la red de distribución del acueducto de Los Andes, La Cruz, Guanacaste.



**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

Se evidenció que las velocidades de la modelación de la red presentan rangos desde los 0,00 m/s hasta los 0,09 m/s, los primeros tramos comenzado el tramo de tanque - nodo 1 con una velocidad de 0,09 m/s, nodo 1 - nodo 2 de 0,06 m/s, nodo 1 – nodo 7 de 0,03 m/s y el nodo 7 – nodo 9 con una velocidad de 0,3 m/s.

En el caso de las presiones de la red de distribución se observa que estas rondan entre los 15,97 m hasta los 44,97 m. Donde se evidenció las presiones más altas en los nodos 2 con una presión de 44,97 m y la presión más baja se encuentra en el nodo 5 con un valor de 15,97 m.

#### **6.1.4. Confeccionar el informe técnico de diseño y planos hidráulicos en conjunto con las especificaciones técnicas del sistema de acueducto por medio del software AutoCAD para futura implementación para el acueducto.”**

A continuación se presentan los resultados obtenidos a partir de la metodología propuesta para resolver este objetivo:

##### ➤ Paso 1: Elaboración de los planos preliminares e informe técnico

Por medio del software AutoCAD Civil 3D, se realizaron los planos preliminares en conjunto con las especificaciones técnicas del sistema de acueducto, primeramente, se

presenta el plano del tanque de almacenamiento (Anexo 12 y 13) con una capacidad de 27 m<sup>3</sup> con sus respectivos accesorios, seguidamente, se presenta la línea de impulsión (Anexo 14) donde se identifican la tubería a utilizar, puntos importantes como la Escuela de Los Andes, la plaza de deportes, tanque de almacenamiento y pozo, por último, se evidencia la red de distribución de la comunidad de Los Andes (Anexo 15) con sus respectivos accesorios, válvulas, entre otros. Asimismo, se efectuó la elaboración del informe técnico que contempla diversos apartados como (Anexo 15)

#### **6.1.5. Estimar los costos de inversión para la implementación del acueducto en Los Andes de La Cruz, Guanacaste.**

Para este apartado, se realizó la siguiente actividad para completar este objetivo:

➤ *Paso 1: Estimación de costos total del acueducto*

Para la construcción del acueducto en la comunidad de Los Andes de La Cruz, se determinó que los materiales, mano de obra y maquinaria a utilizar para su construcción, asimismo, los precios de toda la tubería, los accesorios, fueron cotizados en distintas empresas para un mayor panorama. El costo total aproximado en los materiales para la construcción del acueducto es de ₡43 007 086 incluyendo el impuesto de venta del 13%.

Con respecto al sistema de almacenamiento del acueducto de Los Andes abarcaría los siguientes materiales:

**Cuadro 6. 6. Costos materiales para el sistema de almacenamiento del acueducto de los Andes.**

<b>Partida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
	Tanque de almacenamiento			
1	de Polietileno de alta densidad 27 m <sup>3</sup>	1	₡3 900 389	₡3 900 389
	Tubo ingreso PVC a presión			
2	SDR 26 1 1/2"x6m	106	₡15 900	₡1 685 400
3	Codo 45° PVC IPS 4"	6	₡9 889	₡59 336
4	Tee PEAD IPS 4"	3	₡11 184	₡33 553
5	Reducción PVC IPS 4"x3"	1	₡10 301	₡10 301
6	Reducción PVC 4"x2"	1	₡7 036	₡7 036
7	Micromedidor	1	₡91 226	₡91 226
8	Válvula bola PVC Universal 4" lisa	5	₡22 175	₡110 877

9	Conector para tanque hexagonal 4" EPDM	2	€38 015	€76 030
<b>Total</b>				€5 974 148

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

Asimismo, se estima los materiales y costos necesarios para la red de distribución que abarcaría en el sector central de la comunidad de Los Andes.

**Cuadro 6. 7. Costos materiales para la red de distribución del acueducto de los Andes.**

Partida	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
10	Tubería de polietileno (PEAD) SDR 26 4"x12 m	352	€63 872	€22 482 944
11	Tubería de polietileno (PEAD) SDR 26 3"x1 m	580	€5 957	€3 455 321
12	Unión tipo Tee PEAD IPS 4"	4	€11 184	€44 738
13	Unión universal PEAD	4	€10 360	€41 441
14	Tapón PEAD IPS 3"	4	€4 015	€16 058
15	Tapón PEAD IPS 4"	4	€9 418	€37 674
<b>Total</b>				€26 078 176

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

Para el sistema de bombeo para el pozo perforado del 2016 para su funcionamiento se necesita los siguientes componentes.

**Cuadro 6. 8. Costos materiales para el sistema de bombeo del acueducto de los Andes.**

Partida	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
15	Bomba de pozo sumergible Franklin Electric 2 hp 220v	1	€106 578	€106 578
16	Motor sumergible Franklin Electric 2 hp 220v	1	€634 135	€634 135

17	Caja de arranque Franklin Electric 2 hp 220v	€214 014	€214 014
<b>Total</b>			€954 727

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

La estimación del clorador para el acueducto de Los Andes de La Cruz es de suma importancia. Por ello, se determinó los siguientes componentes:

**Cuadro 6. 9. Costos materiales para el clorador del acueducto de los Andes.**

Partida	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
18	Tee lisa 100 mm (4 pulgadas) de presión	1	€25 288	€25 288
19	Reducciones de 100 mm a 50 mm (4 pulgadas a 2 pulgadas)	2	€10 100	€20 200
20	Reducciones de 50 mm a 12,5 mm (4 pulgadas a 1/2 pulgadas)	2	€6 300	€12 600
21	Tapones sanitarios de 100 mm (4 pulgadas)	2	€800	€1 600
22	Tee de 12,5 mm (1/2 pulgadas)	3	€450	€1 350
23	Codo de 12,5 mm (1/2 pulgadas)	5	€158	€790
24	Llave de 12,5 mm (1/2 pulgadas)	1	€4 000	€4 000
25	Adaptadores machos 12/mm (1/2 pulgadas)	3	€282	€846
26	Tapón de 75 mm sanitario (3 pulgadas)	1	€650	€650
27	Uniones de tope 12,5 mm (1/2 pulgadas)	2	€2 895	€5 790
28	Tapón liso de 12,5 mm (1/2 pulgadas)	1	€150	€150
29	Tapón de rosca de 12,5 mm (1/2 pulgadas)	1	€349	€349

30	Pegamento PVC de 1/8 galón	1	¢8 000	¢8 000
31	Silleta de 100 mm a 12,5 mm (4 pulgadas a 1/2 pulgadas)	1	¢17 622	¢17 622
<b>Total</b>				¢99 235

**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

Es de importante que se determine el costo en maquinaria para la construcción de la línea de impulsión y la red de distribución del acueducto para la comunidad de Los Andes.

**Cuadro 6. 10. Costo de maquinaria del acueducto de los Andes.**

Partida	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
32	Blackhoe por 8 horas trabajas para 40 días de trabajo	1	¢16 000	¢5 120 000
<b>Total</b>				¢5 120 000

**Fuente:** Elaboración propia, 2024

Para finalizar, se estimó el costo aproximado de mano de obra que conlleva la construcción del acueducto de Los Andes.

**Cuadro 6. 11. Costos de mano de obra del acueducto de los Andes.**

Partida	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
33	Mano de obra por 8 horas trabajas para 40 días de trabajo	10	¢478 080	¢4 780 800
<b>Total</b>				¢4 780 800

**Fuente:** Elaboración propia, 2024

## 6.2. Discusión de resultados

A continuación, se procede a discutir los diferentes resultados obtenidos en el estudio, donde se realizará un análisis de manera detallada de cada uno, como así mismo, los principales hallazgos y sobre el cumplimiento de los objetivos específicos.

### 6.2.1. Discusión de principales hallazgos

En este apartado específico evidencia la discusión de los diferentes hallazgos obtenidos en el estudio, que se detallan a continuación:

➤ *Presencia de hierro (Fe) en aguas subterráneas que implican en el diseño del acueducto en Los Andes*

A partir de las reuniones surgidas en las giras de campo con la comunidad de Los Andes, se consultó con qué tipo de fuente se abastecían en la mayoría de los hogares, donde señalan que utilizan pozos artesanales, los cuales no presentan algún tipo de tratamiento. Asimismo, se consultó si alguna vez consumieron del agua del pozo de abastecimiento construido en el 2016 por el convenio de ICE con el AyA (AyA, 2016), donde mencionan que sí pero esta contenía un sabor a metal y un color rojizo, sin embargo, esa misma situación presentan con sus pozos artesanales, por lo tanto, optaron por un cambio de tubería de hierro a tipo PVC pero la situación del sabor y color continuaba.

Por medio de pruebas de calidad de agua en el pozo principal y la naciente que abastece a la Escuela de Los Andes, evidenciaron que existe presencia de hierro en grandes cantidades (Anexo 1, 2, 3 y 4). Es importante mencionar que ambas fuentes de abastecimiento presentan una distancia de 4 km entre sí, por lo cual, se menciona que es por la formación geológica que se ubica la zona de estudio. Sin embargo, por medio de la prueba de calidad realizada por el HIDROCEC a ambas nacientes se obtuvo que esta cumple con un valor menor de 0,3 mg/l según el estándar del valor máximo admisible de acuerdo con el Reglamento para la calidad del Agua Potable N° 38924-S. (Decreto Ejecutivo N° 31849, 2004).

➤ *Estrategia de sectorización para el abastecimiento de la comunidad de Los Andes.*

Para la modelación del acueducto de Los Andes se había considerado en realizar en toda la comunidad, la cual, se evidenciaban las presiones en el rango establecido por el AyA en la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial donde deben de estar por encima de 15 m (AyA, 2017).

Sin embargo, por medio de una reunión con la gestora de proyecto Hannia Zepeda, Ing. topógrafo Alex Villalobos y Ing. Erik Orozco se concuerda que el proyecto se establecerá por sector, donde se prioriza la comunidad más poblada, esto debido a que, existen sectores de casas con cantidades de 3 o 5 con distancias de 5 km, las cuales se encuentran con distancias muy consideradas generados costos de inversión sean aún mayores (E. Soto, comunicación personal, 26 de septiembre del 2024). No

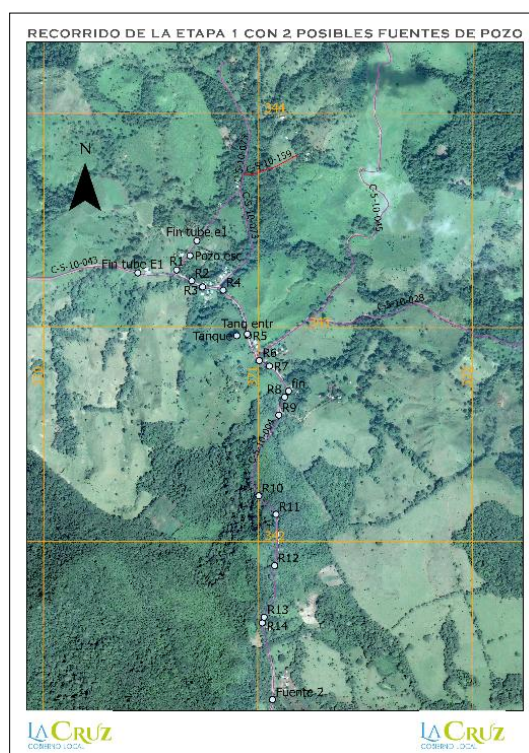
obstante, para estos sectores se proporcionará la solución temporal mientras se encuentran los fondos para la continuidad de la construcción del acueducto.

➤ Limitación en la disponibilidad y acceso de información territorial del poblado de Los Andes.

Se descubre que para la comunidad de Los Andes no presenta con la disponibilidad y acceso de algún tipo de información territorial completa por parte de la Municipalidad de La Cruz, por lo cual, una de la solución planteada fue la utilización de Instituto Geográfico Nacional (SNIT), sin embargo, la información de curvas, banco de elevación, entre otros eran escasas o nulas para el sector de estudio.

No obstante, con ayuda del Ing. Villalobos se realizó un levantamiento topográfico con una precisión de 50 cm para el recorrido de la tubería de la línea de conducción y red de distribución del acueducto. Es importante mencionar que la precisión admisible para el diseño de acueductos es de 2 m.

**Figura 6. 14.** Croquis de la comunidad de Los Andes de manera sectorización



Fuente: Municipalidad de La Cruz, 2024.

➤ Incorporación de la comunidad de Los Andes a la ASADA de La Garita con una gestión independiente de la fuente de abastecimiento

La comunidad de Los Andes durante los últimos años ha intentado realizar la formación oficial de la ASADA, sin embargo, por temas del AyA no están efectuando la inscripción de ASADAS debido al alta demanda que existe por el momento. Por lo cual, la asociación comunal de Los Andes se ha planteado en incorporarse a la ASADA más cercana que en este caso es de la comunidad de La Garita.

Pero para la ASADA de La Garita puede incorporar a la comunidad, sin embargo, para abastecerla con agua potable sería un gran reto. De acuerdo con Hurtado y Moroney (2022) por medio de un balance hídrico del acueducto contemplando las cinco nacientes que presentan como fuentes de abastecimiento para el año 2025 con la misma cantidad de población presenta un déficit hídrico, el cual, generaría un desabastecimiento comunal.

Sin embargo, la ASADA de La Garita puede incorporar a la comunidad de Los Andes con la opción de ser el representante legal para donaciones, estudios y demás pero estas sean independientes con la fuente de abastecimiento. Por lo tanto, se sugiere la utilización del pozo construido en el 2016 y que este se le incorpore un tratamiento de eliminación de hierro (Fe).

➤ *Riesgos en la construcción del acueducto por la dependencia de la Gestión Municipal*

La construcción del acueducto no solamente es del interés de la comunidad, sino, también para la Municipalidad de La Cruz. Sin embargo, esto presentaría diversos riesgos debido a la dependencia de la gestión municipal como por ejemplo: la falta de recursos económicos, demoras en la toma de decisiones por trámites administrativos y limitación de la capacidad técnica en el ámbito de planificación y ejecución del proyecto.

Asimismo, como la estabilidad política y administrativa de la municipalidad pueden incluir de manera directa en el proceso ocasionado atrasos en los plazos y calidad del proyecto. Por lo cual, se debe contar con una planificación estratégica con el fin de garantizar la sostenibilidad y eficiencia del proyecto a largo plazo.

➤ *Colaboración con Organizaciones no Gubernamentales (ONGs) para el desarrollo del acueducto en el poblado de Los Andes.*

A pesar de que se presenta el respaldo financiero de parte de la Municipalidad de La Cruz, se ocupa presentar la colaboración con ONGs es importante para el

desarrollo del acueducto en el poblado de Los Andes. Esto debido a que aportan con diferentes recursos como económicos, conocimientos técnicos y experiencia ante proyectos de este tipo. Además, por medio de las ONGs fomentan la participación comunitaria esto porque permite el sentido de pertenencia y apropiación del proyecto por parte de los beneficiarios.

➤ *Identificación de puntos de interés de fuentes de abastecimientos para los sectores alejados de la comunidad de Los Andes*

La comunidad de Los Andes se identificaron tres sectores, el primero se ubica en el centro del poblado que presenta la mayor cantidad de las cosas, el sector este con aproximadamente 10 casas y por último el sector sur con cuatro casas. Por lo cual, se decidió desarrollar el acueducto en el sector más poblado, no obstante, para los otros dos sectores más alejados que quedan sin el abastecimiento de agua potable se necesita dejar una solución alternativa hasta completar el acueducto.

Por ende, por medio de giras de campo en el sector de estudio se identificaron puntos de interés que se obtendría posibles fuentes de abastecimiento por medio de la construcción de pozos. Esto permitiría que toda la comunidad de Los Andes quede abastecida por completo de agua potable.

**Figura 6. 15.** *Posible fuente de abastecimiento para el acueducto de Los Andes de La Cruz, Guanacaste.*



**Fuente:** Elaboración propia, 2024

➤ Conflicto sobre el terreno propuesto para el tanque de almacenamiento del acueducto de Los Andes.

La comunidad de Los Andes por medio de la construcción del pozo perforado en el 2016, se efectuó la construcción de un tanque de almacenamiento de concreto armado. A través del levantamiento topográfico realizado para la línea de conducción se propuso el mismo sector la ubicación del nuevo tanque esto debido a que presenta la elevación necesaria para efectuar que el acueducto sea por gravedad evitando así gastos por bombeo.

Sin embargo, el nuevo propietario del terreno ha manifestado que no tiene intención de brindar el terreno para ubicar el tanque. Sin embargo, al ser un proyecto de carácter social la municipalidad tiene la acción legal de destituir el terreno (Ley N°4240, 1968).

**Figura 6. 16.** *Terreno posible ubicación del tanque de almacenamiento del acueducto de Los Andes de La Cruz, Guanacaste.*



**Fuente:** Elaboración propia, 2024

➤ Fortalecimiento en la participación comunitaria como respuesta ante el desabastecimiento de agua potable en la comunidad de Los Andes.

Por medio del desarrollo de la propuesta del acueducto de Los Andes ha generado un fortalecimiento en la participación comunitaria. De acuerdo con DINADECO (2023) esto ha ocasionado que los habitantes de la comunidad se involucren en la toma de decisiones y gestión del recurso hídrico. Esto permite que la participación no solo brinda un uso eficiente, sino que además fomenta la cohesión social y con esto garantiza que cada una de las acciones implementadas presenten un respaldo colectivo generando que la sostenibilidad a largo plazo del acueducto.

➤ *Comportamiento del consumo en la comunidad de Los Andes*

Por medio de observaciones y consultas, se observó que en la comunidad de Los Andes se abastecen por pozos artesanales, sin embargo, en hogares se evidencia que usan de manera responsable su agua, por ejemplo: se limitan a lavar la ropa una sola vez a la semana, para cocinar y consumo diario para las otras tareas utilizan agua de lluvia recolectada en época lluviosa y en verano utilizan las quebradas cercanas. No obstante, en otros casos no aplican esas mismas medidas. Siendo así que utilizan el agua para cualquier actividad y no aplican el uso de otro tipo de agua. Es de suma importancia conocer este comportamiento debido a que el acueducto estará abasteciendo de manera imprevisible y al presentar este comportamiento de consumo podría afectar el caudal del pozo.

### **6.2.2. Discusión sobre cumplimiento de objetivos**

En este análisis se expresa la discusión del sobre el cumplimiento de los objetivos planteados en el estudio, que se explican a continuación:

➤ *Primer objetivo específico*

A partir de la recopilación y análisis de datos provenientes de informes y pruebas de calidad del agua realizadas por el AyA (Anexo 1, 2, 3 y 4) y HIDROCEC, así como pruebas de bombeo del ICE y trabajos finales de graduación de la carrera de Ingeniería Hidrológica, fue posible determinar el estado de la comunidad de Los Andes.

Permitiendo así que la selección como fuente de abastecimiento óptima para el poblado de Los Andes, el pozo perforado del año 2016 (Anexo 6.7) este presenta un caudal de 0,50 l/s y la naciente con un caudal de 0,30 l/ (Anexo 6.8) s, los cuales, en conjunto proporcionan la demanda actual y futura del acueducto (AyA, 2016; AyA 2021). Por medio de una prueba de calidad se evidencia valores de presencia de

metal de hierro (Fe) pero estos se encuentran por debajo del valor máximo admisible de 0,3 mg/L de acuerdo con el Reglamento para la calidad del Agua Potable (Decreto Ejecutivo N° 31849, 2004).

Las otras opciones analizadas como la construcción de un pozo o la integración a la ASADA de La Garita para su abastecimiento de agua potable no presentaban una rentabilidad para la comunidad. Primero, que la construcción de un pozo presenta un costo de aproximadamente de \$30 253 049 abarcando solo la parte de materiales, sin contemplar el gasto en estudios y permisos (Montiel, 2021).

En cambio, en la ASADA de La Garita a partir de un balance hídrico aplicado en su acueducto por el método del peor mes que consiste en el mes de abril que presenta una menor disponibilidad hídrica, se obtuvo que para el año 2025 un balance hídrico de -0,02 l/s interpretado de acuerdo con la herramienta de balance hídrico del AyA un desabastecimiento y racionamiento del servicio (Hurtado y Moroney, 2022).

Sin embargo, la comunidad se puede integrar a la ASADA de Los Andes en términos de legalidad para donaciones, estudios y demás, está siendo independiente de sus fuentes de abastecimiento. En el transcurso del cumplimiento del primero objetivo específico se cumplió con lo espero.

➤ Segundo objetivo específico

En cuanto a la selección del periodo de diseño se procedió a utilizar la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial de 25 años para los componentes del acueducto de Los Andes como el tanque de almacenamiento, tubería de conducción y de distribución (AyA, 2017).

De acuerdo con INEC, (2022) se utilizó un factor de hacinamiento de 3,4 habitantes correspondiente al distrito de La Garita que pertenece la comunidad de Los Andes y por medio del cálculo por medio de la metodología del AyA (2017) en su Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial se obtuvo un total de 74 unidades habitacionales donde se abarcaron 34 viviendas, una plaza deportiva, un EBAIS, una Iglesia católica y una escuela. Se obtuvo que la población actual es de 253 personas para la comunidad de Los Andes.

Para el censo del 2022 se determinó que para el distrito de La Garita se presenta una tasa de crecimiento porcentual de 4,7%, presentando una elevación

de 1,2% a la establecida para las proyecciones de crecimiento de parte del AyA en el manual de diseño del 2017 de 3,5% (INEC, 2017; AyA. 2017). Por lo tanto, se utilizó el dato de 3,5 para obtener la población futura dando así una población de 262 personas.

Para el cálculo de los caudales en los dos escenarios actual (2024) y futura (2050), se utilizó una dotación de 150 l/per/día, dato que se encuentra en un punto medio del valor mínimo establecida Organización Mundial de la Salud (OMS) que una persona necesita 100 l/per/día y el valor del Manual de diseño del AyA de 200 l/per/día para una zona rural (OMS, 2023; AyA, 2017). Se estableció esta medida, porque la zona de estudio al no presentar acueducto durante muchos años establecieron su propia dotación de consumo por la dependencia de pozos artesanales, los caudales obtenidos se evidencian en los cuadros 6.2. y 6.3. En este caso se cumple de acuerdo con lo esperado la resolución de este objetivo.

➤ Tercer objetivo específico

Con respecto a la determinación de la dimensión del diámetro del sistema, se tomó como referencia lo establecido por el AyA (2017) en la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, utilizando la ecuación 5.6. donde se obtuvo que para la línea de impulsión tendría un diámetro nominal de 100 mm (4 pulgadas) con un SDR 26 y para la red de distribución con dos tipos de diámetros.

A partir de estos datos obtenidos se logra obtener las pérdidas de carga en la tubería, según en el Código de Instalaciones Hidráulicas y sanitarias en Edificaciones donde se obtuvo una pérdida de 118,95 m.c.a donde se contemplan la pérdida hidráulica, golpe de ariete y el 10% adicional como margen de seguridad contra las posibles pérdidas de aire en el sistema, por lo tanto, se cumple con el rango admisible para una tubería de SDR 26 de un diámetro nominal comercial de 100 mm (CFIA, 2017).

Asimismo, para el diseño de la red de distribución del acueducto se clasificó en dos diámetros para el ramal principal sería de 100 mm (pulgadas) y para el ramal secundario de 75 mm (3 pulgadas) esto de acuerdo con la estipulado el Manual de diseño (AyA, 2017).

Respecto con la modelación de línea de conducción se obtiene evidenciado una velocidad de 1,47 m/s, indicando así que se encuentra en el rango establecido por el AyA en la Norma Técnica que es de 5 m/s para la línea de conducción. Con

respecto a la modelación de la red de distribución en ambos escenarios (actual y 2050) se obtiene que las presiones se encuentran por encima del valor mínimo de 15 mca y por debajo del valor máximo de 75 mca. Asimismo, cumple con la velocidad establecida menor a 3 m/s (AyA, 2017). Por ende, este objetivo se cumplió según lo esperado.

➤ Cuarto objetivo específico

Para el diseño en los planos hidráulicos de acueducto de Los Andes se contemplaron en tres fases: línea de impulsión, tanque de almacenamiento y red de distribución. En los cuales, se evidencia diámetros, distancias, puntos importantes, tubería, entre otros, los cuales fueron seleccionados de acuerdo con la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable (AyA, 2017).

Asimismo, se efectuó la elaboración de un informe técnico que será entregado a la Municipalidad de La Cruz, donde abarca la demanda de agua por parte de los usuarios y la modelación hidráulica del estado actual y futura del acueducto (Gómez, 2020). En el cual este objetivo cumple con lo esperado para este objetivo.

➤ Quinto objetivo específico

Con respecto a la selección del material para el acueducto de Los Andes, se utilizará de tipo polietileno de alta densidad (PEAD) en respecto de los accesorios, tubería y taque de almacenamiento recomendado por la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable (AyA, 2017).

Asimismo, se presentó el costo en maquinaria y mano de obra, no obstante, la Municipalidad de La Cruz a partir de la Ley Código Municipal N° 7794, donde puede ejercer las competencias municipales e invertir fondos para la construcción de acueducto (Ley N° 7794, 2008). Por lo tanto, este objetivo cumple con lo esperado.

### **6.3. Discusión sobre cumplimiento de metodología**

El diseño metodológico del proyecto a través de su desarrollo fue de manera funcional con el cumplimiento de los objetivos específicos planteados. Sin embargo, se identificó una oportunidad de cambio en el desarrollo del proyecto, con respecto al proyección poblacional por método geométrico para la comunidad de Los Andes.

- Con relación de la proyección poblacional por método geométrico la primera propuesta establecida era con una proyección de manera financiera, la cual, no es adecuada para una proyección del crecimiento poblacional, porque no contempla emigraciones e inmigraciones, por cual, el dato proporcionado era muy alto y no concordaba con un crecimiento en una zona rural. Por lo tanto, se realizó el cambio a otra fórmula, que permitió contemplar estos factores importantes.

## **Capítulo 7. Conclusiones y Recomendaciones**

En este capítulo se evidencia las principales conclusiones y recomendaciones del presente caso de estudio, las cuales estarán divididas de acuerdo con objetivos planteados y para los stakeholders relacionados con el desarrollo del proyecto de la propuesta de diseño de un acueducto para la comunidad de Los Andes de La Cruz, Guanacaste.

### **7.1. Conclusiones**

#### **7.1.2. Objetivos específicos**

De acuerdo con la recopilación de informes acerca del estado se encuentra la comunidad acerca de su desabastecimiento de agua potable, se identifica que la fuente de abastecimiento óptima para la comunidad es la utilización del pozo perforado y naciente. Sin embargo, en este estudio se identifica que las fuentes de abastecimiento con presencia de hierro (Fe), sin embargo, esta cumple con un valor menor de 0,3 mg/l según el estándar del valor máximo admisible de acuerdo con el Reglamento para la calidad del Agua Potable N° 38924-S.

A partir de la referencia en la demanda del recurso hídrico para un periodo de 25 años (2024 – 2050) recomendado por el AyA para el diseño del acueducto de Los Andes, los escenarios planteados (2024 y 2050) para una demanda de 253 habitantes y 262 habitantes con un consumo de 0,79 l/s y 0,81 l/s respectivamente, se logró reconocer el buen funcionamiento a un largo plazo del proyecto en una condición actual y otra futura con un periodo de diseño de 25 años.

Se logra especificar las características principales de la tubería, válvulas y accesorios para la línea de impulsión y conducción estaría conformado para el acueducto de Los Andes un diámetro nominal de 100 mm, 75 mm y 38 mm con un SDR 26, las cuales son óptimas para el traslado del caudal necesario para el abastecimiento de la comunidad en la actualidad y en el futuro. Asimismo, cumple la velocidad admisible máxima de 5 m/s

en la línea de conducción de acuerdo con la Norma Técnica de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable de Saneamiento y Sistema Pluvial.

Las modelaciones hidráulicas por medio del software de Epanet de ambos escenarios del acueducto determina que el sistema son los adecuados, debido a que cumple con los parámetros de velocidad y presión estipulados por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados en la Norma Técnica de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable de Saneamiento y Sistema Pluvial.

Por medio de la elaboración de los planos hidráulicos e informe técnico de diseño con sus respectivas especificaciones técnicas del sistema del acueducto permitió reconocer la distribución formal de la tubería y accesorios que conlleva la línea de impulsión, red de distribución y la dimensión que presenta el tanque de almacenamiento, mediante el software AutoCAD, con la finalidad de presentar una mejor apreciación y ubicación de la red de tuberías y equipo por instalar.

A partir de la estimación costos para la propuesta del diseño del acueducto para la comunidad es de suma importancia conocer con el fin de aproximar la inversión inicial donde se consideran diversos elementos como la tubería, accesorios, bomba, tanque de almacenamiento, mano de obra, maquinarias, entre otros, no obstante, se reconoce que la inversión es elevado pero es para un bien humanitario que es el abastecimiento de agua potable a una comunidad que no presenta este servicio básico durante muchos años atrás.

#### **7.1.2 Partes Interesadas**

- Municipalidad de La Cruz

A partir de la propuesta de diseño del acueducto de la comunidad de Los Andes es considerado como una inversión tanto para la salud pública y el desarrollo de la calidad de vida de los pobladores, donde se garantiza el acceso seguro y constante del agua potable, la propuesta cumple con las normativas del AyA, asegurando así la sostenibilidad a largo plazo.

La colaboración con ONGs para el desarrollo del acueducto de Los Andes es de suma importancia, esto debido a que no solamente aportan recursos financieros, sino además conocimiento y experiencia. Asimismo, contribuye a la creación del sentido de pertenencia de los habitantes con el proyecto. Es importante mencionar que el trabajo en equipo entre la Municipalidad y la colaboración de ONGs generaría la potencialidad del éxito del acueducto.

- Comunidad de Los Andes

A partir de observaciones en el consumo de ciertas casas de la comunidad de Los Andes se identifica patrones de uso del agua que son dispares entre cada casa. Algunos aplican medidas de consumo responsables y uso de otras alternativas, sin embargo, en otras casas no sucede lo mismo. Este comportamiento puede ocasionar una demanda extra a la fuente de abastecimiento. Por lo tanto, es fundamental promover una educación del uso sostenible y eficiente a la comunidad para asegurar la fuente de abastecimiento para los próximos años.

## **7.2. Recomendaciones**

### **7.2.1 Objetivos Específicos**

La utilización de un modelo hidráulico con el software EPANET para la simulación del comportamiento de diferentes factores como lo son la velocidad, presiones, caudal, entre otro, permite optimizar el diseño de acuerdo con los valores admisibles por la Norma Técnica de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable de Saneamiento y Sistema Pluvial.

Se recomienda efectuar cada 6 meses pruebas de calidad de agua potable para un monitoreo del cumplimiento de los estándares establecidos por el AyA en los diferentes elementos que consideran.

Se recomienda la utilización de diferentes plataformas que proporcionen servicios de información geográficas para hallar curvas de nivel y asimismo, complementarlas con levantamientos topográficas en campo para un correcto funcionamiento del modelo hidráulico.

### **7.2.2. Partes Interesadas**

- Municipalidad de La Cruz

Es importante que como Municipalidad desarrollen un plan a largo plazo que no solamente contemple la suministración de agua potable, sino además la protección de las fuentes de abastecimiento para la sostenibilidad del acueducto de la comunidad de Los Andes.

Es importante que involucren a la comunidad de Los Andes en programas de educación y concientización sobre el uso responsable del agua en la comunidad de Los Andes abordaría prácticas sostenibles como por ejemplo la recolección y uso de agua de

lluvia, la gestión del consumo diario, la conservación del recurso, entre otros. Con el cual, se fomentaría que los hogares practiquen hábitos responsables y sostenibles, evitando así una sobreexplotación a su fuente de abastecimiento.

- Comunidad de Los Andes

Es vital que la comunidad de Los Andes se integre a la ASADA de La Garita con la finalidad que esta sea su representante legal para futuras donaciones, construcciones, estudios, entre otras, que como comités comunales no pueden recibir por temas legales y normativos estipulados por el AyA.

Se recomienda la colaboración de Organizaciones No Gubernamentales (ONGs) para la implementación del desarrollo del acueducto, con la finalidad de diversificar los recursos financieros y técnicos. Asimismo, se sugiere que se indiquen acuerdos de colaboración de manera definida y clara para cada rol de las personas involucradas para un mayor impacto a la comunidad.

### Referencias bibliográficas

- Aranda, P. L. M., y Varon, B. C. A. (2015). *Diseño de la red de distribución del sistema de acueducto de la vereda San Benito del municipio de Sibaté, Cundinamarca*. [Tesis para optar el grado de bachillerato, Universidad La Gran Colombia].
- Bejarano, S. E. (2013). *Diagnóstico del acueducto de Santa Cruz y propuesta de mejora*. [Tesis para optar el grado de licenciatura, Tecnológico de Costa Rica].
- Bertsch, F. (2006). *El recurso tierra en Costa Rica*. *Agronomía Costarricense*, 30(1), 133-156.
- Calvo-Pereira, D. (2019). *Propuesta de diseño de un sistema de conducción para el abastecimiento de agua potable para el poblado de Capellades, Alvarado, Cartago*. [Tesis para optar el grado de licenciatura, Tecnológico de Costa Rica].
- Chacón-Ramírez, A. (2023). *Propuesta para el mejoramiento del sistema de agua potable de la ASADA de Labrador*. [Tesis para optar el grado de licenciatura, Universidad Latina de Costa Rica].
- Chaves, F. (2021). *200 personas en Los Andes, La Cruz, viven la pandemia sin agua potable*. <https://vozdeguanacaste.com/200-personas-en-los-andes-la-cruz-viven-la-pandemia-sin-agua-potable/#:~:text=Una%20pandemia%20sin%20agua%20potable,que%20les%20dotar%C3%A1%20de%20agua>.
- Chinchilla, L. A. (2020). *Metodología para el análisis de la capacidad hidráulica de un sistema de acueducto rural*. [Tesis para optar el grado de licenciatura, Universidad Latina de Costa Rica].
- Código de ética profesional del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA). Artículo 1. 01 julio del 2013.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, [CFIA]. (2017). *Código de Instalaciones Hidráulicas y sanitarias en Edificaciones*. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/cos208324.pdf>
- Comisión Técnica Consultiva Nacional del Fenómeno ENOS (Del Niño), [COENO]. (2014). *Clima extremo* (Vol. 1). San José, Costa Rica.
- Constitución Política de Costa Rica [Const]. Art. 50. 3 de julio de 1994. (Costa Rica).
- Contraloría General de la República. (2022). *Resolución Kilometraje R-DC-00061-2022*. <https://vlex.co.cr/vid/resolucion-950958000#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20resoluci%C3%B3n%20R%2DDC,a%20estos%20servicios%2C%20por%20lo>
- Corcho, F., y Duque, J. (2005). *Acueductos, Teoría y Diseño*. Medellín: Universidad de Medellín
- Cordero, L. F. J. (2022). *Estudio de línea base del sistema de abastecimiento de agua potable de la asociación administradora del acueducto y alcantarillado sanitario de El Yas, distrito segundo Santiago, cantón segundo Paraíso de la provincia de Cartago*. [Tesis para optar el grado de licenciatura, Tecnológico de Costa Rica].
- Corella-Blanco, L. (2020). *Elaboración de un estudio técnico de diseño para la creación de un nuevo tramo de acueducto y análisis de la situación actual del sistema con el objetivo de realizar propuestas de mejoras para el acueducto ubicado en Pénjamo de Florencia*. [Tesis para optar el grado de licenciatura, Tecnológico de Costa Rica].

- Decreto Ejecutivo N° 42582. (2020). *Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales*. <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Reglamento%20de%20ASADAS.pdf>
- Decreto Ejecutivo N° 31849. (2004). *Reglamento General sobre los Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)*. [https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=53029&nValor3=93389&strTipM=TC](https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=53029&nValor3=93389&strTipM=TC)
- Decreto N°38924-S. (2015). *Reglamento para la calidad de Agua Potable*. [https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=80047&nValor3=101480&strTipM=TC](https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=80047&nValor3=101480&strTipM=TC)
- Diario Oficial La Gaceta. (1995). *Código de Ética Profesional del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica. N° 209*. [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=48738&nValor3=51979&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=48738&nValor3=51979&strTipM=TC)
- Dirección de Agua. (2019). *Resultados del proyecto Exploración y evaluación de las aguas subterráneas en la República de Costa Rica*. <http://www.da.go.cr/proyecto-usgs>
- Dirección Nacional de Desarrollo de la Comunidad, [DINADECO]. (2023). Guía para la elaboración de diagnóstico de una asociación de desarrollo comunal.
- Espinoza, A., Morera, A., Mora, D., & Torres, R. (2003). Calidad del agua potable en Costa Rica: Situación actual y perspectivas. In *Calidad del agua potable en Costa Rica: Situación actual y perspectivas* (pp. 40-40).
- Gómez, A. J. (2020). ¿Qué debe tener un informe de agua potable para que sea confiable? <https://www.tec.ac.cr/en/debe-tener-informe-agua-potable-sea-confiable#:~:text=En%20conocer%20la%20demanda%20de,sistema%20de%20distribuci%C3%B3n%20de%20agua>.
- González Sánchez, M. M. (2019). *Evaluación de las principales nacientes en la parte alta de la microcuenca de los ríos Boston y Gongolona del cantón de Abangares, Costa Rica*. [Tesis para optar el grado de licenciatura, Universidad de Costa Rica].
- Hall, L., Zuñiga, M. P., Soto, L., Madrigal, G. y Chacón, I. (2023). Índice de Competitividad Cantonal 2020 – 2021. <https://ecodatos.fce.ucr.ac.cr/s/ZB9BBdz5FsTnBs7>
- Hamui, S. A. (2015). *Un acercamiento a los métodos mixtos de investigación en educación médica*. ScienceDirect, 2(8), 211-216. <http://riem.facmed.unam.mx/index.php/riem/article/view/418>
- Handl, K. A. (2014). *Aplicación práctica del diagrama de Gantt en la administración de un proyecto*. <https://face.unt.edu.ar/web/iadmin/wp-content/uploads/sites/2/2014/12/Aplicaci%C3%B3n-pr%C3%A1ctica-Diagrama-de-Gantt-para-Jornada-IA-Handl.pdf>
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza-Torres, C. P. (2012). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf)

- Hidalgo, H. G., Alfaro, E. J., & Pérez-Briceño, P. M. (2021). *Cambios climáticos proyectados de modelos CMIP5 en La Cruz, Guanacaste, Costa Rica*. *Revista de Biología Tropical*, 69, 60-73.
- Hidalgo, T. F. A. (2022). *Clasificación de una actividad, obra o proyecto de conformidad con su Impacto Ambiental Potencial*.  
<https://www.citec.or.cr/2022/03/10/clasificacion-de-una-actividad-obra-o-proyecto-de-conformidad-con-su-impacto-ambiental-potencial/>
- Hurtado, S. A. y Moroney, M. A. M. (2022). Estudio de sostenibilidad técnica del servicio de agua potable del acueducto comunal de La Garita, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica. [Tesis para optar el grado de licenciatura, Universidad Nacional, Costa Rica]
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, [AyA]. (2020). *Acuerdo de Junta Directiva de AyA N°2020-442*.  
[https://www.aya.go.cr/transparencialnst/acceso\\_informacion/MarcoNormativo/Reglamento%20de%20Prestaci%C3%B3n%20de%20Servicios%20del%20AyA\\_Modificaci%C3%B3n.%20Acuerdo%20de%20Junta%20Directiva%20N%C2%B02021-583.pdf](https://www.aya.go.cr/transparencialnst/acceso_informacion/MarcoNormativo/Reglamento%20de%20Prestaci%C3%B3n%20de%20Servicios%20del%20AyA_Modificaci%C3%B3n.%20Acuerdo%20de%20Junta%20Directiva%20N%C2%B02021-583.pdf)
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, [AyA]. (2017). *Guía de Autoevaluación y Elaboración de Plan de Mejora y Eficiencia para ASADAS*.  
<https://bit.ly/3vtYPOq>
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, [AyA]. (2016). Informe de perforación pozo ICE-02 Los Andes de La Cruz (Convenio ICE-MINAE-AyA: CON144-15).
- Instituto Costarricense de Acueducto y Alcantarillado, [AyA]. (2015). *Manual informativo: Aspectos básicos para la gestión de las nuevas Juntas Directivas de las ASADAS*.  
<https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Aspectos%20B%C3%A1sicos%20de%20las%20ASADAS.pdf>
- Instituto Costarricense de Acueducto y Alcantarillado, [AyA]. (2001). *Normas de diseño de agua potable y no autorización para el uso de tuberías de PVC-SDR-41. Costa Rica*.  
<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cos30867.pdf>
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, [AyA]. (2017). *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial*.  
<https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Norma%20dise%C3%B1o%20y%20construccion%20sistemas%20agua,%20saneamiento%20y%20pluvial.pdf>
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, [AyA]. (2020). *Reglamento para la prestación de servicios de AyA*.  
<https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Nuevo%20Reglamento%20de%20Prestaci%C3%B3n%20de%20Servicios.pdf>
- Instituto de Desarrollo Rural, [INDER]. (2014). *Caracterización del Territorio Inder Liberia-La Cruz*. <https://www.inder.go.cr/liberia-la-cruz/Caracterizacion-Territorio-Liberia-LaCruz.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022). *INEC divulgara resultados generales del censo 2022 en el segundo trimestre de 2023*. INEC.

[https://admin.inec.cr/sites/default/files/2023-07/rePoblacResultadosGenerales\\_Estimacion\\_poblacion\\_vivienda\\_2022.pdf](https://admin.inec.cr/sites/default/files/2023-07/rePoblacResultadosGenerales_Estimacion_poblacion_vivienda_2022.pdf)

Laboratorio nacional de aguas. (2001). *Reglamento de normas técnicas y procedimientos para el mantenimiento preventivo de los sistemas de abastecimiento de agua*. 39. San José, Costa Rica. <https://www.aya.go.cr/laboratorio/selloCalidad/requisitosGalardon/Reglamento%20de%20Normas%20T%C3%A9cnicas%20y%20Procedimientos%20para%20el%20Mantenimiento%20Preventivo%20de%20los%20Sistemas%20de%20Abastecimiento%20de%20Agua.pdf>

Ley N°4240 de 15 de noviembre de 1968. Asamblea Legislativa de Costa Rica de 15 de noviembre de 1968.

Ley N° 63 de 28 de septiembre de 1887. Congreso Constitucional de la República de Costa Rica de 28 de septiembre de 1887.

Ley N° 2726 de 14 de abril de 1961. La Gaceta N° 169 de 5 de septiembre de 1996.

Ley N° 5395 de 24 de febrero de 1974. La Gaceta N° 222 de 24 de noviembre de 1973.

Ley N° 7554 de 4 de octubre de 1995. La Gaceta N° 215 de 13 de noviembre de 1995.

Ley N° 7575 de 13 de febrero de 1996. La Gaceta N° 72 de 16 de abril de 1996.

Ley N° 7593 de 9 de agosto de 1996. La Gaceta N° 169 de 5 de septiembre de 1996.

Ley N° 7779 de 8 de agosto de 2000. La Gaceta N° 97 de 21 de mayo de 1998.

Ley N° 7794 de 30 de abril de 1998. La Gaceta N° 94 de 18 de mayo de 1998.

Liberta, B. (2007). *Impacto, impacto social y evaluación del impacto*. Acimed, 15 (3).

López, C. R. A. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

Luna, J. R. D., Tenorio, P. X. G. y Sánchez, M. A. E. (2012). *Diseño de proyecto de agua potable para las comunidades La Trinidad, San Luis y Santa Lucía del Municipio de Diriamba, Departamento de Carazo*. [Tesis para optar el grado de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua].

Martínez, G. (2023). *¿Qué es AutoCAD y para qué sirve?* <https://ebac.mx/blog/que-es-autocad-y-para-que-sirve>

Ministerio de Ambiente y Energía, [MINAE]. (2021). *Reglamento para la perforación de pozos y aprovechamiento de aguas subterráneas*. <https://da.go.cr/wp-content/uploads/2016/06/Decreto-Reglamento-de-Perforacion.-DE-43053-MINAE.pdf>

Ministerio de Agricultura y Ganadería, [MAG]. (2020). *Caracterización del área de influencia de la Agencia de Extensión Agropecuaria*. <https://www.mag.go.cr/regiones/chorotega/CARACTERIZACION-AEA-LACRUZ.pdf>

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, [MIDEPLAN]. (2018). *Costa Rica: Agua y Saneamiento 2030*. [https://ods.cr/sites/default/files/documentos/cr\\_agua\\_y\\_saneamiento\\_2030-analisis\\_relacionado\\_a\\_los\\_ods.pdf](https://ods.cr/sites/default/files/documentos/cr_agua_y_saneamiento_2030-analisis_relacionado_a_los_ods.pdf)

- Ministerio de Salud, [MINSAL]. (2016). *Reglamento General para Autorizaciones y Permisos Sanitarios de Funcionamiento Otorgados por el Ministerio de Salud*. [https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=81043&nValor3=103191&strTipM=TC](https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=81043&nValor3=103191&strTipM=TC)
- Ministerio de Salud, [MINSAL]. (2004). *Reglamento de Registro Sanitario de Establecimientos Regulados por el Ministerio de Salud*. [https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=54157&nValor3=74162&strTipM=TC](https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=54157&nValor3=74162&strTipM=TC)
- Monge, E., Paz, J. L. y Ovares C. (2013). *Transparencia y Rendición de cuentas en la ASADAS: Manual para las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ASADAS) de Costa Rica*. <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Manual%20para%20las%20ASADAS%20-%20Cedarena%20-%20Transparencia%20y%20Rendici%C3%B3n%20de%20Cuentas.pdf>
- Montiel, C. M.V. (2021). *Estudio de prefactibilidad para la construcción de un sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad de Los Andes, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica* [Tesis para optar el grado de bachillerato, Universidad Nacional de Costa Rica].
- Morales, R. D. y Roux, R. R. (2015). *Estudio de impacto social: Antecedentes y línea base para San Fernando, Tamaulipas. Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades, SOCIOTAM, XXV (1), 111-130.*
- Municipalidad de La Cruz. (2023). *Distritos de La Cruz*. <https://www.munilacruz.go.cr/index.php/component/sppagebuilder/page/30.html>
- Municipalidad de La Cruz. (2016). *Plan Cantonal de Desarrollo Humano Local de La Cruz 2017-2026*. [https://www.munilacruz.go.cr/images/La\\_Cruz/Plan\\_cantonal\\_de\\_desarrollo\\_Humano.pdf](https://www.munilacruz.go.cr/images/La_Cruz/Plan_cantonal_de_desarrollo_Humano.pdf)
- Núñez-Marín, K. F. (2021). *Diseño de un sistema de conducción para el abastecimiento de agua potable para la comunidad La Enseñanza, en el distrito de Capellades del Cantón de Alvarado, Cartago*. [Tesis para optar el grado de licenciatura, Tecnológico de Costa Rica].
- Olivera, M., Cordoba G. y Escobar, B. C. A. (2012). *Diagnostico sociocultural y físico espacial de las comunidades ubicadas en el corredor fronterizo Cantón de La Cruz, Guanacaste*. [https://www.mivah.go.cr/Documentos/investigaciones\\_diagnosticos/diagnosticos\\_planes\\_intervencion/2012/LA\\_CRUZ\\_GUANACASTE/DIAGNOSTICO\\_LA\\_CRUZ\\_FRONTERA.pdf](https://www.mivah.go.cr/Documentos/investigaciones_diagnosticos/diagnosticos_planes_intervencion/2012/LA_CRUZ_GUANACASTE/DIAGNOSTICO_LA_CRUZ_FRONTERA.pdf)
- Organización Mundial de la Salud, [OMS]. (2023). *Agua para consumo humano*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Organización Panamericana de la Salud. (2007). *Guía para la selección de Sistema de Desinfección*. [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/OPS-COSUDE%202007.%20Gu%C3%ADa%20selecci%C3%B3n%20del%20sistema%20desinfecci%C3%B3n.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS-COSUDE%202007.%20Gu%C3%ADa%20selecci%C3%B3n%20del%20sistema%20desinfecci%C3%B3n.pdf)

- Orozco-Gutiérrez, J. (2019). *Clasificación de potenciales fuentes de abastecimiento subterráneas y subsuperficiales en Costa Rica*. Revista Tecnología en Marcha, 6(1), 138.
- Parrado, G. A., & Sandoval, M. E. (2018). *Optimización del diseño hidráulico del acueducto veredal del alto del ramo de municipio de Chipaque Cundinamarca*. [Tesis para optar el grado de bachillerato, Universidad Católica de Colombia].
- Plan Maestro de Alcantarillado de Mocoa. (2020). *Plan de Capacitación, Educación y Concientización Ambiental del Plan Maestro de Alcantarillado de Mocoa*. [https://capacitacion.gipmocoa.com/wp-content/uploads/2020/09/Texto-9\\_compressed.pdf](https://capacitacion.gipmocoa.com/wp-content/uploads/2020/09/Texto-9_compressed.pdf)
- Rodríguez, Z. C. O. (2020). *Propuesta de diseño de un acueducto por gravedad para el tramo Zona Protectora El Chayote-Tanque Los Gemelos, para la Municipalidad de Zarceró*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Latina de Costa Rica].
- Salas, J. F. (2022). *Rediseño de la tubería: Propuesta y plan de mantenimiento con su presupuesto detallado, para la ASADA en Arenal de Chires, Puriscal, San José*. [Tesis para optar el grado de licenciatura, Universidad Latina de Costa Rica].
- Salazar, Q. K. M. (2017). *Diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua de consumo de Ciudad de los Niños y elaboración de una propuesta de diseño*. [Tesis para optar el grado de licenciatura, Tecnológico de Costa Rica].
- Sanabria-Pérez, J. (2017). *Propuesta para el abastecimiento de agua potable mediante el diseño de un acueducto por gravedad en las comunidades de San Isidro de Tierra Grande, Isletas y Colinas, Guácimo, Limón*. [Tesis de Licenciatura, Tecnológico de Costa Rica].
- Sapag, J., Sapag, R. y Sapag, N. (2014). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. McGrawHill Education.
- Soto, M. J. C. (2021). *Diseño de un sistema de medición de agua no contabilizada en la Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado de Tronadora de Tilarán*. [Tesis para optar el grado de licenciatura, Tecnológico de Costa Rica].
- Stsepanets, A. (2023). *Cómo se hace presupuesto de un proyecto: 8 pasos imprescindibles*. <https://blog.ganttpro.com/es/presupuesto-proyecto/>
- Universidad de Costa Rica. (2018). *Índice de Desarrollo Social 2017*. <https://accionesocial.ucr.ac.cr/sites/default/files/general/archivos/2019-10/Resumen%20IDS%202017.pdf>
- Valverde, R. (2013). *Disponibilidad, distribución, calidad y perspectivas del agua en Costa Rica*. *Revista de Ciencias Ambientales*, 45(1), 5-12.
- Vividea-Castro, E. J. (2018). *Propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad indígena de Amubri del Cantón de Talamanca-Costa Rica*. [Tesis para optar el grado de licenciatura, Tecnológico de Costa Rica].
- Zabala, C. F. y Betancur, B. F. A. (2017). *Sistema de Administración de acueductos rurales SAAR*. [https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/2103/Rep\\_Itm\\_pre\\_Zabala.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/2103/Rep_Itm_pre_Zabala.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## Anexos

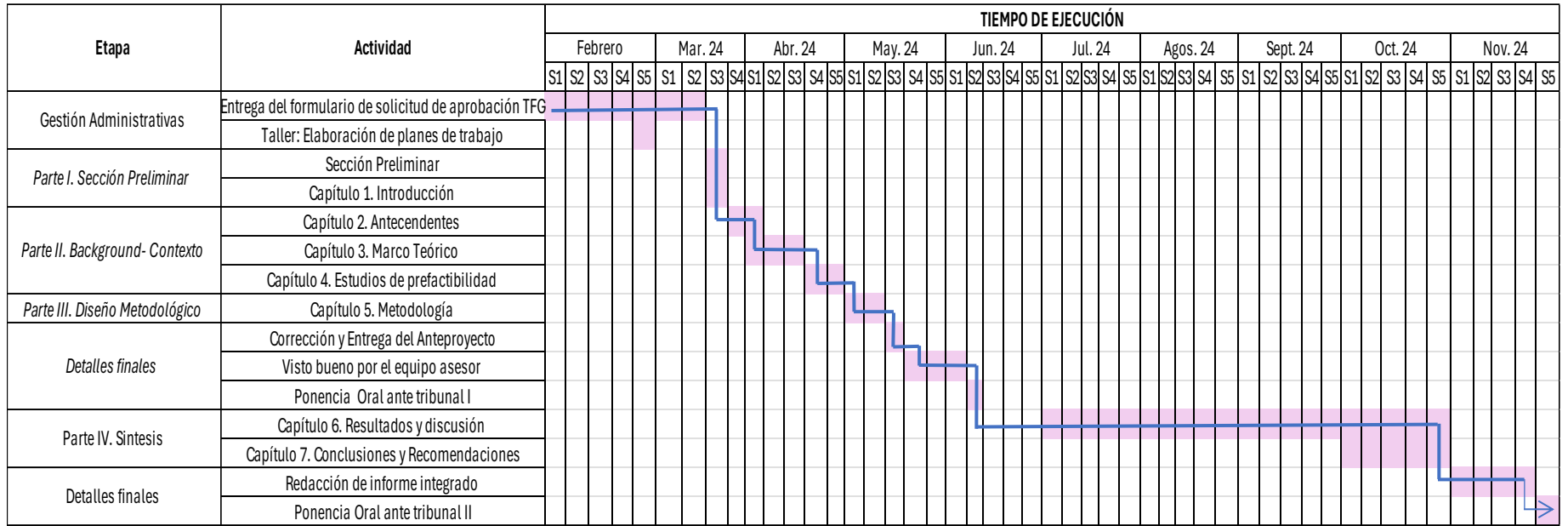
### Anexo 4. 1. Presupuesto global detallado del proyecto.

Rubro	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	Observaciones
<b>Costos Directos</b>					
<b>I. Equipo Técnico</b>					
Equipo computacional	1	Mes	€ 0	€ 0	Equipo personal
Paquete Office	1	Anual	€ 0	€ 0	Licencia estudiantil
Software QGIS	1	Mes	€ 0	€ 0	Licencia libre
Software AutoCAD	1	Anual	€ 0	€ 0	Licencia estudiantil
Software Epanet	1	Mes	€ 0	€ 0	Licencia libre
Subtotal					€ 0
Total					€ 0
<b>Costos Indirectos</b>					
<b>I. Gastos Administrativos</b>					
Gastos administrativos	10	Mes	€ 93 950	€ 93 950	Servicio de una sola persona proporcionado de manera mensual (Incluye agua, luz, línea telefónica, internet e insumos de oficina)
<b>II. Giras de un solo día</b>					
Alimentación	20	Unitario	€ 8 800	€ 88 000	Desayuno/almuerzo.
Reserva para refrigerios	7	Días	€ 12 000	€ 84 000	Bebidas/frutas/galletas/agua.
Transporte	40	Km	€ 11 185	€ 111 185	De acuerdo con la Tarifa en colones por kilómetro recorrido.
Equipo de protección personal	1	Mes	€ 12 000	€ 12 000	Botas de hule, capa para lluvia, protector solar y gorra.
Botiquín de Primeros Auxilios	1	Mes	€ 10 000	€ 10 000	Medicamentos: Acetaminofén, mascarillas, curita, gasas, alcohol, antidiarreicos, dorival, artículos femeninos, etc.
Subtotal					€ 408 060
<b>III. Estudios técnicos</b>					

Levantamiento topográfico	1	Global	₡ 0	₡ 0	Disponible por medio de la Municipalidad de La Cruz, Guanacaste
Estudio hidrológico	1	Global	₡784 087	₡784 087	Realizado por medio del Grupo El Encanto S.A.
Estudio hidrogeológico	1	Global	₡601 321	₡601 321	Realizado por medio del Grupo El Encanto S.A.
Estudio técnico	1	Global	₡2 004 833	₡2 004 833	Realizado por medio del Grupo El Encanto S.A.
Subtotal					₡3 390 241
			IV. Asesoría		
Asesoría profesional	10	Mes	₡52 272	₡522 7200	De parte del Ingeniero Erik Orozco Orozco del Grupo El Encanto S.A.
Subtotal					₡522 7200
			V. Otros gastos		
Póliza	1	Anual	₡8 925	₡8 925	Cubierta por la Universidad Nacional de Costa Rica
Honorarios Profesionales	10	Mes	₡150 000	₡1 500 000	Cobro a mano alzada abarcando que el proyecto es para una comunidad rural
Subtotal					₡1 508 925
Subtotal (Costos Directos/Costos Indirectos)					₡5 923 896
Imprevistos (5%)					₡296 145
IVA (13%)					₡770 106
Total					₡6 990 197



**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

**Anexo 5. 1. Diagrama de Gantt y ruta crítica con las actividades propuestas para la ejecución del proyecto.**




Fuente: Elaboración propia, 2024.

### Anexo 6. 1. Prueba de calidad de agua en la fuente de abastecimiento de la comunidad de Los Andes en el periodo del 2021.

LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS		INFORME DE RESULTADOS AYA-FPT-011B		 Laboratorio de Ensayo Alcance de Acreditación N.º LE-049 Acreditado a partir de: 11.02.2008 Alcance disponible en www.ecuao.gob.ec					
 AYA-ID-02236-2021		Tres Rios, Chuquiaguana Teléfono: (506) 2279-5118 Fax: (506) 2279-5973 e-mail: <a href="mailto:lna@aya.go.cr">lna@aya.go.cr</a>							
DATOS DE LA MUESTRA									
Cliente:	REGION CHOROTEGA*			Proc. muestreo	***				
Contacto:	Ing. Rosa González Palma			Muestreado por	Rodríguez Victor				
SISTEMA:	ESCUELA DE LOS ANDES DE LA GARITA DE LA CRUZ			Fecha de muestreo	08-abr.-21				
Muestreo:	ESCUELA DE LOS ANDES			Fecha de ingreso :	09-abr.-21				
Dirección:	LAVAMANOS			Fecha de Reporte:	26-abr.-21				
PROVINCIA:	GUANACASTE	CANTON:	LA CRUZ	Inicio Análisis MIC:	09-abr.-21				
e-mail:	<a href="mailto:rogonzalez@aya.go.cr">rogonzalez@aya.go.cr</a>	Fax:	2669-27-22	Teléfono:	2669-00-75				
				Tipo de muestra:	Agua				
				Hora de recolección:	09:30				
DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS									
PARAMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VA	VMA	UNIDADES	METODO
Alcalinidad	*	83	1,0	2,0	3,0			mg/L	2320
Aluminio	*	171,5	11,3	21,2	24,0		200	µg/L	3125 B Mo
Amonio	**	0,16	0,02	0,06	0,09	0,05	0,5	mg/L	4500-NH3
Antimonio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		5	µg/L	3125 B Mo
Arsénico	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Cadmio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		3	µg/L	3125 B Mo
Calcio	*	20,9	1,0	1,5	2,0		100	mg/L	3500-Ca B
Cloruros	*	4,85	0,81	1,10	1,30	25	250	mg/L	4110B Cro
Cobre	*	N.D.	11,3	21,2	24,0	1000	2000	µg/L	3125 B Mo
Coliformes fecales	*	224,7				Negativo	Negativo	NMP/100 mL	9223 B
Color Aparente	*	31	1,0	2,0	4,0	5	15	UPt-Co	2120 C
Conductividad	*	187	1,0	2	4	400		µS/cm	2510
Cromo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		50	µg/L	3125 B Mo
Dureza de Calcio	*	52	2,0	2,0	3,0			mg/L	3500-Ca D
Dureza Total	*	74	2,0	2,0	3,0	300	400	mg/L	2340 C
E.coli	*	149,9				Negativo	Negativo	NMP/100 mL	9223 B
Fluoruros	*	D.	0,027	0,040	0,100		0,7-1,5	mg/L	4110B Cro
Hierro	*	1272,9	11,3	21,2	24,0		300	µg/L	3125 B Mo
Magnesio	*	5,3	0,10	0,50	1,0	30	50	mg/L	3500 B
Manganeso	*	196,5	11,3	21,2	24,0	100	500	µg/L	3125 B Mo
Mercurio	*	N.D.	0,18	0,18	0,19		1	µg/L	3125 B Mo
Niquel	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		20	µg/L	3125 B Mo
Nitratos	*	N.D.	0,53	0,81	1,40		50	mg/L	4110B Cro
Nitritos	*	N.D.	0,026	0,040	0,10		0,1	mg/L	4110B Cro
Olor	**	Acceptable	N.A.	N.A.	N.A.	Acceptable	Acceptable		2150 B
pH	**	6,99	0,10	0,10	0,20		6,0-8,0		4500-H+
Plomo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Potasio	*	N.D.	0,80	1,0	1,5		10	mg/L	3500-K B
Selenio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Sodio	*	10,0	1,9	2,0	2,5	25	200	mg/L	3500-Na B
Página 5 de 10		Rige: 16/01/17 AYA		Aprobado por: Dr. Darner Mora Alvarado					


Fuente: Municipalidad de La Cruz, 2024.

## Anexo 6. 2. Prueba de calidad de agua tipo N1 en la fuente de abastecimiento de la comunidad de Los Andes en el periodo del 2022.



**Laboratorio de Análisis  
San Martín**

### Informe de Ensayos Química



Experiencia y Tecnología a su Servicio

<b>Cliente:</b>	Acueducto de Los Andes de la Cruz	<b>Código reporte:</b>	EA22-0076-1
<b>Dirección:</b>	Acueducto de Los Andes de la Cruz	<b>Fecha de muestreo:</b>	02/03/2022
<b>Provincia:</b>	Guanacaste	<b>Fecha de recepción:</b>	03/03/2022
<b>Cantón:</b>	Cantón de Santa Cruz	<b>Fecha de reporte:</b>	10/03/2022
<b>Distrito:</b>	Cuajiniquíl		
<b>Muestreador:</b>	El Interesado .		

Permiso Sanitario de Funcionamiento del Laboratorio San Martín #1815-2021 dado el 08/12/2021, vence el 08/12/2023 y #CS-ARSSEM-1117-2021 dado el 11/12/2020, vence el 11/12/2022. Métodos de análisis acreditados por el ECA identificados en este informe por medio de un asterisco (\*). Para consulta de variables acreditadas ingresar a la página del ECA ([http://www.eca.or.cr/acr\\_lab.php](http://www.eca.or.cr/acr_lab.php)) en el link del Laboratorio San Martín.

<b>Código LSM</b>	EA22-0076
<b>Punto de muestreo</b>	Agua tomada del Pozo.

### Resultados

Ensayo	Resultado	Método Referencia	Límite de Detección	VMA del Reglamento	Declaración de Conformidad
* Color aparente	(40 ± 1) U Pt-Co	SMWW 2120 B	2,0 U Pt-Co	15 UPt-Co	Fuera de Rango
* Conductividad	(461 ± 19) uS/cm	SMWW 2510 B	1,0 uS/cm		
** Olor	Aceptable	MTDT-42		Aceptable	Aceptable
* pH	(7,28 ± 0,06)	SMWW 4500-H+ B	1,0	6 a 8	Aceptable
* Turbiedad	(17 ± 1) UNT	SMWW 2130 B	0,1 UNT	5 UNT	Fuera de Rango

**Reglamento aplicable:** Decreto 41498-S reforma y adición al Decreto Ejecutivo 38924-S Reglamento para la Calidad del Agua Potable. VMA corresponde al Valor Máximo Admisible del Reglamento.

**Metodología de análisis:** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd ed. 2017.

**Ejecución de actividades del Laboratorio:** 03/03/2022 - 10/03/2022

**Observaciones:**

El cliente no suministra datos de campo.


Incertidumbre: La incertidumbre reportada es una incertidumbre expandida, calculada usando un factor de cobertura de k=2, lo cual da un nivel de confianza del 95%.

La expresión del resultado para el olor se realiza como "Aceptable" o "No aceptable".

**Regla de Decisión:** El Laboratorio San Martín establece la regla de decisión basada en zonas de seguridad (bandas de guardia, g) cuando g depende de la probabilidad e incertidumbre al 95%.


Los resultados de análisis solamente se refieren a la muestra aquí descrita.

\*\* Métodos de ensayo no acreditados



---

Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio San Martín.  
R20-PGDT-01-T v. 1. Página 1 de 1



EA22-0076

Calle 1 y 3, Av. 10, 300 m Sur y 50 m Este del Banco Popular, San José.  
Tel: 2222-3635 Fax: 2222-2486

✉ info@labsanmartin.com  
🌐 www.labsanmartin.com

Fuente: Municipalidad de La Cruz, 2024.

### Anexo 6. 3. Prueba de calidad de agua tipo N2 en la fuente de abastecimiento de la comunidad de Los Andes en el periodo del 2022.



**Laboratorio de Análisis  
San Martín**

## Informe de Ensayos Microbiología



Laboratorio de Ensayo  
Acueducto de los Andes N° 1-E-012  
Acreditado por el ECA el 20/11/2019  
www.eca.or.cr  
Atención disponible en www.eaca.cr

Experiencia y Tecnología a su Servicio

<b>Cliente:</b>	Acueducto de Los Andes de la Cruz	<b>Código reporte:</b>	EA22-0076-2
<b>Dirección:</b>	Acueducto de Los Andes de la Cruz	<b>Fecha de muestreo:</b>	02/03/2022
<b>Provincia:</b>	Guanacaste	<b>Fecha de recepción:</b>	03/03/2022
<b>Cantón:</b>	Cantón de Santa Cruz	<b>Fecha de reporte:</b>	10/03/2022
<b>Distrito:</b>	Cuajiniquíl		
<b>Muestreador:</b>	El Interesado		

Permiso Sanitario de Funcionamiento del Laboratorio San Martín #1815-2021 dado el 08/12/2021, vence el 08/12/2023 y #CS-ARSSEM-1117-2021 dado el 11/12/2020, vence el 11/12/2022. Métodos de análisis acreditados por el ECA identificados en este informe por medio de un asterisco (\*). Para consulta de variables acreditadas ingresar a la página del ECA ([http://www.eca.or.cr/acr\\_lab.php](http://www.eca.or.cr/acr_lab.php)) en el link del Laboratorio San Martín.

<b>Código LSM</b>	EA22-0076
<b>Punto de muestreo</b>	Agua tomada del Pozo.

#### Resultados

Ensayo	Resultado	Método Referencia	Límite de Detección	VMA del Reglamento	Declaración de Conformidad
* Coliformes fecales	Negativo NMP/100 mL	SMWW 9221 A,B,C,D, E, F, G	1,1 NMP/100 mL	No detectable	Aceptable
* <i>Escherichia coli</i>	Negativo NMP/100 mL	SMWW 9221 A,B,C,D, E, F, G	1,1 NMP/100 mL	No detectable	Aceptable

**Reglamento aplicable:** Decreto 41499-S reforma y adición al Decreto Ejecutivo 38924-S Reglamento para la Calidad del Agua Potable. VMA corresponde al Valor Máximo Admisibles del Reglamento.

Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd ed. 2017.

Ejecución de actividades del Laboratorio: 03/03/2022 - 10/03/2022

**Observaciones:**

NMP: Número más probable, UFC: Unidad formadora de colonias, Ausente o Negativo  $\leq$  Límite de Detección (LD).

**Regla de Decisión:** Para los ensayos microbiológicos, al no expresar incertidumbre en sus resultados, se establecerá como regla de decisión lo indicado a continuación: "si el resultado es igual o menor al valor máximo establecido en el reglamento aplicable según la matriz de análisis, entonces el resultado expresado en el informe se considera conforme con las especificaciones requeridas".

Los resultados de análisis solamente se refieren a la muestra aquí descrita.



**Dr. Juan Carlos Rojas Carrón**  
Microbiólogo Cod. 488

---

Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio San Martín.  
R20-PGDT-01-T v. 1. Página 1 de 1



EA22-0076

Calle 1 y 3, Av. 10, 300 m Sur y 50 m Este del Banco Popular, San José.  
Tel: 2222-3635 Fax: 2222-2486

✉ [info@labsanmartin.com](mailto:info@labsanmartin.com)  
🌐 [www.labsanmartin.com](http://www.labsanmartin.com)

Fuente: Municipalidad de La Cruz, 2024.

## Anexo 6. 4. Prueba de calidad de agua tipo N3 en la fuente de abastecimiento de la comunidad de Los Andes en el periodo del 2022.



**Laboratorio de Análisis  
San Martín**

### Informe de Ensayos Química



Laboratorio de Ensayo  
Número de Acreditación N.º E-012  
Acreditado a partir de: 2001.10.20  
Vigencia de la acreditación: 300 días hábiles  
Atención disponible en www.eca.or.cr

Experiencia y Tecnología a su Servicio

<b>Cliente:</b>	Acueducto de Los Andes de la Cruz	<b>Código reporte:</b>	EA22-0076-S01-1
<b>Dirección:</b>	Acueducto de Los Andes de la Cruz	<b>Fecha de muestreo:</b>	02/03/2022
<b>Provincia:</b>	Guanacaste	<b>Fecha de recepción:</b>	03/03/2022
<b>Cantón:</b>	Cantón de Santa Cruz	<b>Fecha de reporte:</b>	11/03/2022
<b>Distrito:</b>	Cuajiniquil		
<b>Muestreador:</b>	El Interesado		

Permiso Sanitario de Funcionamiento del Laboratorio San Martín #1815-2021 dado el 08/12/2021, vence el 08/12/2023 y #CS-ARSSEM-1117-2021 dado el 11/12/2020, vence el 11/12/2022. Métodos de análisis acreditados por el ECA identificados en este informe por medio de un asterisco (\*). Para consulta de variables acreditadas ingresar a la página del ECA ([http://www.eca.or.cr/acr\\_lab.php](http://www.eca.or.cr/acr_lab.php)) en el link del Laboratorio San Martín.

---

<b>Código LSM</b>	EA22-0076-S01
<b>Punto de muestreo</b>	Agua tomada del Pozo.

---

### Resultados

Ensayo	Resultado	Método Referencia	Límite de Detección	VMA del Reglamento	Declaración de Conformidad
* Aluminio	(0,011 ± 0,001) mg/L	SMWW 3500-AI B	0,005 mg/L	0,2 mg/L	Aceptable
* Calcio	(69 ± 7) mg/L	SMWW 3111 B	0,2 mg/L	100 mg/L	Aceptable
* Cloruro	(7,8 ± 0,8) mg/L	SMWW 4110 B	0,5 mg/L	250 mg/L	Aceptable
* Cobre	< 0,04 mg/L	SMWW 3111 B	0,04 mg/L	2 mg/L	Aceptable
* Dureza total	(222 ± 18) mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	SMWW 2340 B	1,0 mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	400 mg/L	Aceptable
* Fluoruro	0,16 mg/L	SMWW 4110 B	0,08 mg/L	0,7 mg/L	Aceptable
* Hierro	(1,0 ± 0,1) mg/L	SMWW 3111 B	0,09 mg/L	0,3 mg/L	Fuera de Rango
* Magnesio	(12 ± 2) mg/L	SMWW 3111 B	0,02 mg/L	50 mg/L	Aceptable
* Manganeso	(0,15 ± 0,01) mg/L	SMWW 3111 B	0,05 mg/L	0,5 mg/L	Aceptable
* Potasio	(0,74 ± 0,06) mg/L	SMWW 3111 B	0,15 mg/L	10 mg/L	Aceptable
* Sodio	(11 ± 1) mg/L	SMWW 3111 B	0,14 mg/L	200 mg/L	Aceptable
* Sulfato	(55 ± 6) mg/L	SMWW 4110 B	0,8 mg/L	250 mg/L	Aceptable
* Zinc	< 0,04 mg/L	SMWW 3111 B	0,04 mg/L	3 mg/L	Aceptable

Reglamento aplicable: Decreto 41499-S reforma y adición al Decreto Ejecutivo 38924-S Reglamento para la Calidad del Agua Potable. VMA corresponde al Valor Máximo Admisible del Reglamento.  
Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd ed. 2017.  
Ejecución de actividades del Laboratorio: 03/03/2022 - 11/03/2022


**Observaciones:**  
El resultado del ensayo de Fluoruro se encuentra entre el límite de detección y de cuantificación, por lo que se reporta sin incertidumbre asociada.  
Incertidumbre: La incertidumbre reportada es una incertidumbre expandida, calculada usando un factor de cobertura de k=2, lo cual da un nivel de confianza del 95%.  
**Regla de Decisión:** El Laboratorio San Martín establece la regla de decisión basada en zonas de seguridad (bandas de guarda, g) cuando g depende de la probabilidad e incertidumbre al 95%.  
Los resultados de análisis solamente se refieren a la muestra aquí descrita.



BQ. Noelia Hernández C.  
Química Industrial  
Noelia M. Hernández Campos  
N.º 2790

---

Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio San Martín.  
R20-PGDT-01-T v. 1. Página 1 de 1



EA22-0076-S01

Calle 1 y 3, Av. 10, 300 m Sur y 50 m Este del Banco Popular, San José.  
Tel: 2222-3635 Fax: 2222-2486

✉ [info@labsanmartin.com](mailto:info@labsanmartin.com)  
🖱 [www.labsanmartin.com](http://www.labsanmartin.com)

Fuente: Municipalidad de La Cruz, 2024.

**Anexo 6. 5.** *Pozo perforado en 2016 por parte del ICE en convenio AyA.*



**Fuente:** AyA, 2016.

**Anexo 6. 6.** *Naciente que abastece la Escuela de Los Andes.*



**Fuente:** AyA, 2021.

**Anexo 6. 7. Longitud por tramo del acueducto para la comunidad de Los Andes de La Cruz.**

<b>Tramo</b>	<b>Longitud (m)</b>
Tanque – Nodo 1	69
Nodo 1 – Nodo 2	235
Nodo 2 – Nodo 3	257
Nodo 2 – Nodo 4	220
Nodo 4 – Nodo 5	234
Nodo 4 – Nodo 6	181
Nodo 1 – Nodo 7	125
Nodo 7 – Nodo 8	157
Nodo 7 – Nodo 9	312
Nodo 9 – Nodo 10	103

Fuente: Elaboración propia, 2024.

**Anexo 6. 8. Demanda del caudal actual en cada nodo del acueducto en el 2024 para la comunidad de Los Andes de La Cruz.**

<b>Componente</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
Nodo 1	0,02
Nodo 2	0,17
Nodo 3	0,13
Nodo 4	0,06
Nodo 5	0,00
Nodo 6	0,13
Nodo 7	0,04
Nodo 8	0,02
Nodo 9	0,15
Nodo 10	0,06
<b>Caudal Máximo Horario</b>	<b>0,79</b>

Fuente: Elaboración propia, 2024.

**Anexo 6. 9. Demanda del caudal en cada nodo del acueducto en el 2050 para la comunidad de Los Andes de La Cruz.**

<b>Componente</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
Nodo 1	0,02
Nodo 2	0,18
Nodo 3	0,13
Nodo 4	0,07
Nodo 5	0,00
Nodo 6	0,13
Nodo 7	0,04
Nodo 8	0,02
Nodo 9	0,15
Nodo 10	0,07
<b>Caudal Máximo Horario</b>	<b>0,81</b>

Fuente: Elaboración propia, 2024.

**Anexo 6. 10. Propuesta de diseño del tanque de almacenamiento en vista de perfil acueducto de Los Andes, La Cruz.**



Fuente: Elaboración propia, 2024.

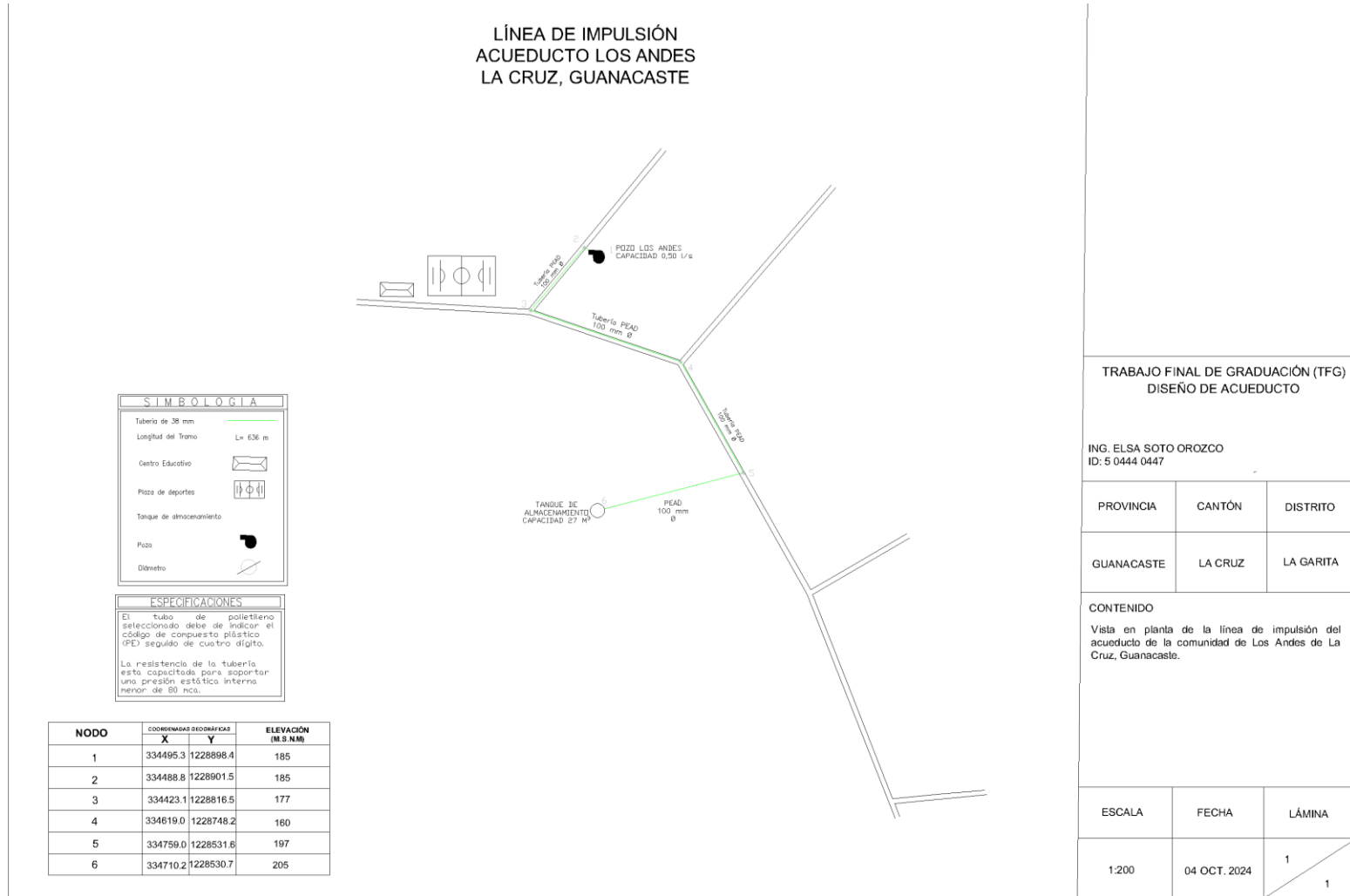
**Anexo 6. 11. Propuesta de diseño del tanque de almacenamiento en vista de planta acueducto de Los Andes, La Cruz.**

### TANQUE DE ALMACENAMIENTO ACUEDUCTO LOS ANDES LA CRUZ, GUANACASTE

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN DISEÑO DE ACUEDUCTO		
ING: ELSA SOTO OROZCO 5 0444 0447		
PROVINCIA	CANTÓN	DISTRITO
GUANACASTE	LA CRUZ	LA GARITA
<b>CONTENIDO:</b> Vista de perfil del tanque de almacenamiento del acueducto de Los Andes de La Cruz.		
ESCALA	FECHA	LÁMINA
1:10	04 OCT. 2024	1 / 1

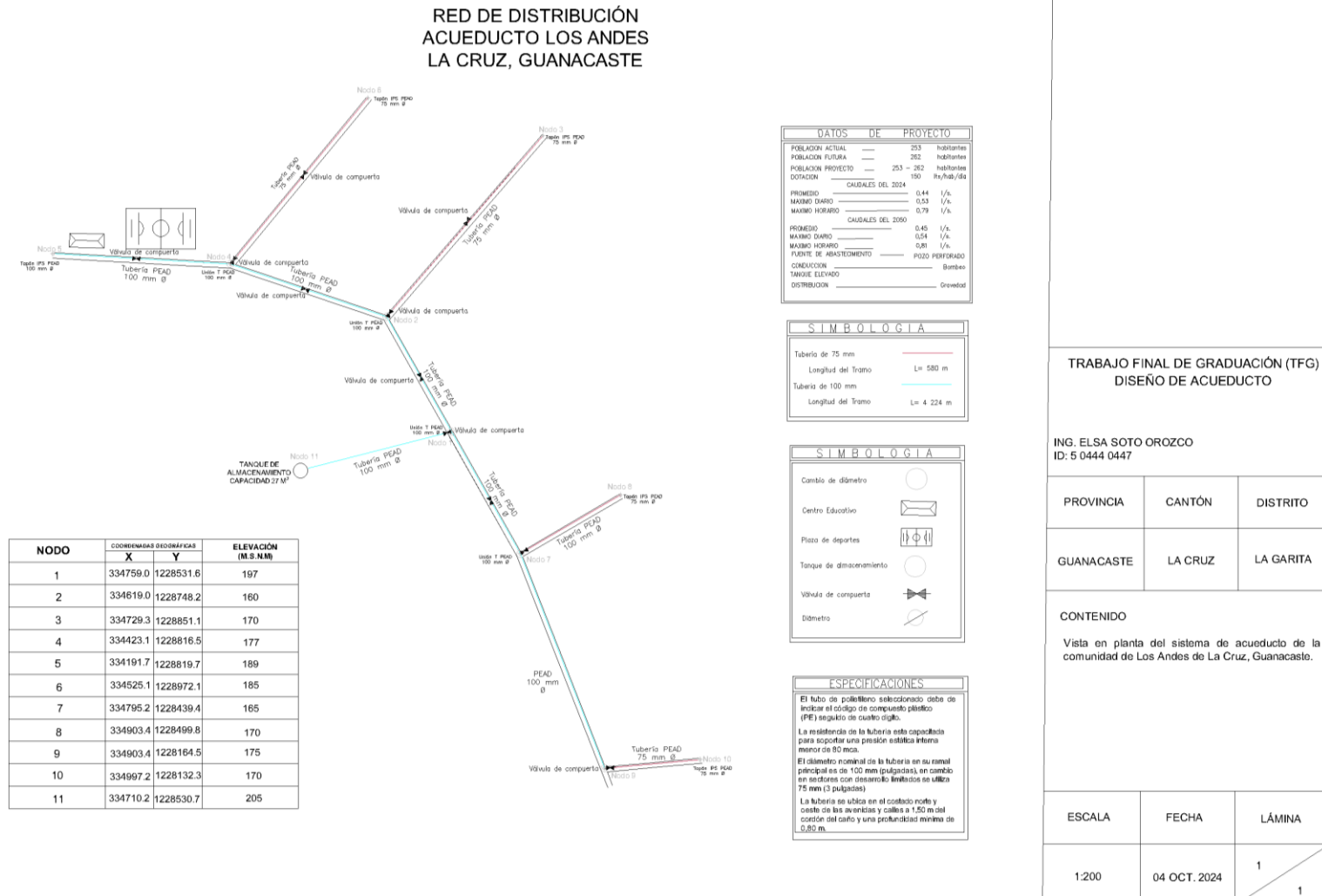
**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

**Anexo 6. 12. Propuesta de diseño de la línea de impulsión del acueducto de Los Andes, La Cruz.**




Fuente: Elaboración propia, 2024.

**Anexo 6. 13. Propuesta de diseño de la red de distribución del acueducto de Los Andes, La Cruz.**





Fuente: Elaboración propia, 2024

**Anexo 6. 14. Informe Técnico para la ASADA de Los Andes de La Cruz.**




INGENIERIA  
HIDROLOGICA  
UNIVERSIDAD NACIONAL





UNA  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
COSTA RICA



## **INFORME DE ESTUDIO TÉCNICO ASADA LOS ANDES, LA CRUZ.**

**Dirigido por:** Ing. Elsa Soto Orozco

**Equipo Responsable**  
Grupo Empresarial El Encanto OC S.A.  
**Cédula:** 3-101-757639

**Fuente:** *Elaboración propia, 2024.*