

Universidad Nacional, Costa Rica

Sede Regional Chorotega

Campus Liberia

**“Evaluación Del Funcionamiento Del Sistema De Agua Potable Para La
Elaboración De Un Plan De Mejora De La Infraestructura Para El Abastecimiento
De La Asada De San Juan, Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica”**

**Proyecto Final De Graduación Para Optar Por El Grado De Licenciatura En
Ingeniería Hidrológica**

Sustentante:

Marcos Andrés Espinoza López.

504160023

Equipo Supervisor:

Ing. Gan Carlos Barrantes Vargas

Liga Comunal Del Agua

Ing. Jesús Alberto Montero Prendas

Liga Comunal Del Agua

Dr. Rolando José Madriz Vargas

Universidad Nacional, Costa Rica

Liberia, Guanacaste, Costa Rica

Febrero, 2021

Proyecto final de graduación presentado el día 16 de febrero de 2022 llevada a cabo de manera Virtual por medio de la plataforma Zoom, para optar por el grado académico de licenciado en Ingeniería hidrológica ante el siguiente tribunal:

M.Ed. Wagner Castro Castillo,
Representante de Dirección Académica

M.Sc. Dorian Chavarría López
Representante de Decanatura

Ing. Rolando Madriz Vargas
Tutor

Dr. Rodrigo Rojas Morales
Lector 1

M.Sc. Ronald Sánchez Brenes
Lector 2

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios, por darme la fuerza tanto física como mental en todo momento que no necesité.

A mis padres, que siempre han sido mi motor y mi motivación.

A todas las personas, que han formado parte de este magnífico sueño.

Marcos Andrés Espinoza López

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
JUSTIFICACIÓN	12
OBJETIVOS	13
ALCANCES Y LIMITACIONES	14
Alcances.....	14
Limitaciones.....	14
CAPITULO II. ANTECEDENTES.....	15
2.1 ANTECEDENTES	15
2.1.1 Descripción de la zona.....	15
2.1.2 Estudios previos.....	16
2.1.3 Actividades económicas:	17
2.1.4 Antecedentes de la ASADA	19
CAPITULO III. MARCO TEÓRICO	21
3.1 Componentes principales de un Acueducto.	21
3.1.1 Fuentes de abastecimiento de agua potable.	21
3.1.2 Mantos acuíferos.....	22
3.1.3 Manantiales.....	22

3.1.4 Sistema de bombeo.....	22
3.1.5 Red de impulsión.	23
3.1.6 Sistema de almacenamiento.....	24
3.1.7 Sistema de desinfección.....	24
3.1.8 Red de distribución.	24
3.1.9 EPANET	25
3.1.10 AutoCAD Civil 3D	26
3.1.11 Balance Hídrico	26
CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD.....	27
4.1 Estudio legal	27
4.2 Estudio ambiental	30
4.3 Estudio social.....	31
4.4 Estudio técnico.....	31
4.4.1 Proceso de producción.....	32
4.4.1.1 Herramientas de procesos.	32
4.5 Estudio económico.....	33
4.5.1 Estudio económico.....	33
CAPÍTULO V. MARCO METODOLÓGICO.....	36
5.1 Tipo de investigación.....	36
5.2 Método de la investigación.	36

5.2.1 Población y muestra.	36
5.2.2 Criterio de muestreo.....	37
5.2.3 Fuentes y técnicas para la recolección de información.....	37
5.4 Metodología del proyecto.	37
5.4.1 ETAPA I: Levantamiento topográfico.....	38
5.4.2 ETAPA II: Cálculos para el diseño.....	39
5.4.3 ETAPA III: Modelaje hidráulico.	41
5.4.4 ETAPA IV: Propuestas de mejora.	42
5.5 Cronograma de actividades.....	43
5.6 Gastos del proceso	44
CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	48
6.1 Diagnostico de la situación actual.	48
6.1.1 Obras de captación.....	48
6.1.2 Obras de conducción.....	49
6.1.3 Obras de almacenamiento.....	49
6.1.4 Obras de distribución.....	49
6.1.5. Consumo por servicios.....	50
6.1.6 Caudal de diseño.....	50
6.1.7 Balance de aguas.....	51
6.1.8. Capacidad de almacenamiento.....	52

6.2 Modelación hidráulica.	54
6.3 Funcionamiento del sistema.....	56
6.4 Validación en campo.	61
6.5 Propuesta de mejora.....	64
6.3.2 Propuestas de infraestructura.	72
CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	83
Conclusiones.....	83
Recomendaciones	85
BIBLIOGRAFÍA	86

RESUMEN

La ASADA de San Juan de Santa Cruz, Guanacaste, tiene sus orígenes el 24 de septiembre en el año 2003, cuando exactamente con 53 socios fundadores dio inicio la Sociedad de Usuarios del Agua (SUA).

La Asociación de San Juan construyó el nuevo acueducto de la comunidad en el año de 1977 el cual fue diseñado según las necesidades de la época.

Actualmente la población ha ido en aumento, llegando a tener actualmente 351 abonados y más 32 solicitudes de disponibilidad de agua nuevas, este proceso de crecimiento aunado a la antigüedad de la infraestructura de abastecimiento con la que se cuenta actualmente ha provocado que un gran número de familias no puedan gozar de su vivienda, ya que es sabido que para el otorgamiento del permiso de construcción se debe de contar con la carta de disponibilidad brindada por parte del ente operador del sistema de abastecimiento de agua potable.

Gracias a estas condiciones que se muestran actualmente en la comunidad de San Juan de Santa Cruz es posible mencionar que nos encontramos ante un sub-dimensionamiento del sistema en general, el cual no es capaz de suplir las necesidades de la población actual.

En el presente, la ASADA de San Juan está presentando problemas de almacenamiento, presión, caudal entre otros, generando grandes inconvenientes a una porción de la población, por lo que este proyecto pretende determinar un posible plan de mejora que tiene como fin la posible mitigación del problema actual en el Acueducto de San Juan.

ABSTRACT

The ASADA of San Juan de Santa Cruz, Guanacaste, has its origins on September 24, 2003, when exactly 53 founding members started the Water Users Society (SUA).

The San Juan Association built the new community aqueduct in 1977, which was designed according to the needs of the time.

Currently the population has been increasing, currently having 351 subscribers and more than 32 requests for new water availability, this growth process coupled with the age of the current supply infrastructure has caused a large number of Families cannot enjoy their homes, since it is known that for the granting of the construction permit, they must have the availability letter provided by the operator of the drinking water supply system.

Thanks to these conditions that are currently shown in the community of San Juan de Santa Cruz, it is possible to mention that we are facing a sub-dimensioning of the system in general, which is not capable of meeting the needs of the current population.

At present, the ASADA of San Juan is presenting problems of storage, pressure, flow, among others, generating great inconveniences to a portion of the population, for which this project intends to determine a possible improvement plan that has as its purpose the possible mitigation of the current problem in the Aqueduct of San Juan.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales (ASADAS) cumplen un rol fundamental a lo largo y ancho del país, ya que son las encargadas de abastecer a una gran parte de la población costarricense, siendo esta exactamente para el año 2020 el 30% del total (Monge et al., 2013).

Estas organizaciones, en la Provincia de Guanacaste poseen un gran reto, “abastecer a la población con recursos limitados”, esto debido al número reducido de abonados con los que cuentan, ya que una gran parte de las Asadas están integradas por menos de 299 abonados, calificadas según Fernández (2020) como ASADAS de tamaño pequeño a muy pequeño. Estas características limitan mucho su rango de acción, ya que el monto económico, por tarifas, recolectado por mes es sumamente escaso, esto comparado con el costo de muchas de las actividades que son necesarias en un acueducto comunal.

Sin embargo, a pesar de estos aspectos, las ASADAS cuentan con la obligación de acatar el marco regulatorio de acuerdo con el reglamento de prestación de servicios, esto con el fin de que los habitantes consuman agua en cantidad y calidad necesarias para la vida. Es por esta razón que el AyA bajo el cumplimiento de sus obligaciones, como ente que delega a las ASADAS, vela por el estricto cumplimiento de la legislación, por lo que muchas de estas ASADAS, principalmente las que se encuentran en áreas rurales, son notificadas debido a incumplimiento con lo establecido por la Ley General de Administración Pública, los cuales indican que los servicios públicos brindados deben ser de calidad, cantidad, continuidad, confiabilidad, igualdad, acceso universal, eficiencia, oportunidad, sostenibilidad y con un enfoque de derecho humano; adaptación a todo cambio en el régimen legal, social,

económico, ambiental en la necesidad social que satisfacen la igualdad de trato de los destinatarios, personas usuarias y beneficiarios de los servicios públicos esto según el Artículo 4 de la Ley General de Administración Pública (*Ley General de la Administración Pública de Costa Rica*, 1999).

Uno de los aspectos más frecuentes en las ASADAS es la notificación por zona deficitaria, definida por la Modificación Integral al Reglamento para la Prestación de Los Servicios del AyA publicada en el diario oficial la GACETA el 9 de febrero del 2021 como:

Zona de cobertura de un prestador de servicio público donde las condiciones hídricas o hidráulicas de los sistemas existentes impiden atender, de forma conjunta, la prestación óptima para los servicios de los usuarios existentes y los nuevos servicios que pretendan incorporarse por desarrollos urbanísticos, comerciales o inmobiliarios, por lo que la emisión de constancias de disponibilidades positivas para estos últimos supone un impacto negativo en la prestación óptima, el balance hídrico o la capacidad de recolección y tratamiento en perjuicio de la comunidad servida y los eventuales nuevos usuarios (Acueductos y Alcantarillados, 2021: 14).

La ASADA de San Juan de Santa Cruz muestra estas características que la convierten en no comprendo esto, ya que no cuenta con las condiciones necesarias para abastecer a la población actual, provocando un incumplimiento de la Ley General de Administración Pública ya que actualmente no se cuenta con la capacidad de almacenamiento necesario para poder obtener el agua en la comunidad en cantidad y continuidad, ya que el consumo es superior al almacén con el que se cuenta.

JUSTIFICACIÓN

La Asociación Administradora de Acueductos y Alcantarillados de la comunidad de San Juan de Santa Cruz la cual brinda actualmente 351 servicios de abastecimiento de agua potable, posee un sistema compuesto por un pozo perforado el cuál ostenta una bomba de 3 Hp (horsepower/caballo de fuerza) capaz de producir un caudal de 6.12 l/s, esta agua es bombeada hasta un tanque elevado que posee un volumen de almacenamiento de 36 m³, posteriormente se presenta la distribución mediante tuberías de 2 y 3 pulgadas a lo largo de la comunidad.

Según las características actuales que presenta la ASADA se muestra un panorama preocupantes, ya que según la estimación del balance de almacenamiento realizado se muestra un déficit actual de 79.52 m³ representando una seria deficiencia, presentando condiciones adversas para poder brindar un servicio de calidad a sus usuarios, gracias a estas condiciones las presiones en la red de distribución comienzan a fallar, esto aunado al poco diferencial de altura que se presenta entre el tanque de almacenamiento y la distribución con respecto a algunos sectores de la red de abastecimiento.

Debido a este caso que presenta la ASADA, el AyA mediante su función de ente rector en materia de Acueductos y Alcantarillados determinó declarar a esta ASADA en zona de no factibilidad técnica, lo representa una prohibición para el Acueducto Comunal otorgar la carta de disponibilidad de agua, por lo que muchas personas de la comunidad al no contar con dicho documento se ven limitados, influyendo este factor en el crecimiento y desarrollo de la comunidad.

Este suceso es realmente preocupante ya que representa un alto impacto social, la preocupación de los pobladores es grande, ya que ha sido posible observar el sentimiento de

impotencia mostrado por gran parte de la población, ya que sin el otorgamiento de estas cartas la posibilidad de obtener un hogar propio se hace cada vez más lejano.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar las condiciones del acueducto de la ASADA de San Juan, Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica para la elaboración de un plan de mejora.

Objetivos específicos:

1. Identificar las posibles falencias del acueducto de la ASADA de San Juan de Santa Cruz
2. Identificar posibles deficiencias en el acueducto de San Juan de Santa Cruz por medio de la puesta en marcha de procesos de revisión bibliográfica, modelaciones hidráulicas y balances de aguas.
3. Desarrollar un plan de mejora utilizando como base fundamental la Guía para Estudios Técnicos del AyA.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Alcances

1. Se realizará la evaluación del sistema de agua potable de la ASADA de San Juan de Santa Cruz para determinar posibles fallencias en el mismo.
2. Se realizarán propuestas que cuenten con factibilidad económica y técnica que busquen subsanar las necesidades determinadas mediante la evaluación del sistema actual.
3. Se procurará colaborar con la ASADA de San Juan de Santa Cruz a poder brindar nuevamente cartas de disponibilidad de agua potable.

Limitaciones

1. La información bibliográfica que se puede encontrar de la zona de estudio es sumamente escasa.
2. No se cuenta con un registro de macromedición para poder contabilizar el agua consumida por la población en general y realizar el balance de agua no contabilizada.
3. No se logró encontrar estaciones meteorológicas en áreas cercanas al sitio de estudio, dificultando los estudios hidrológicos del sitio a estudiar.

CAPITULO II. ANTECEDENTES

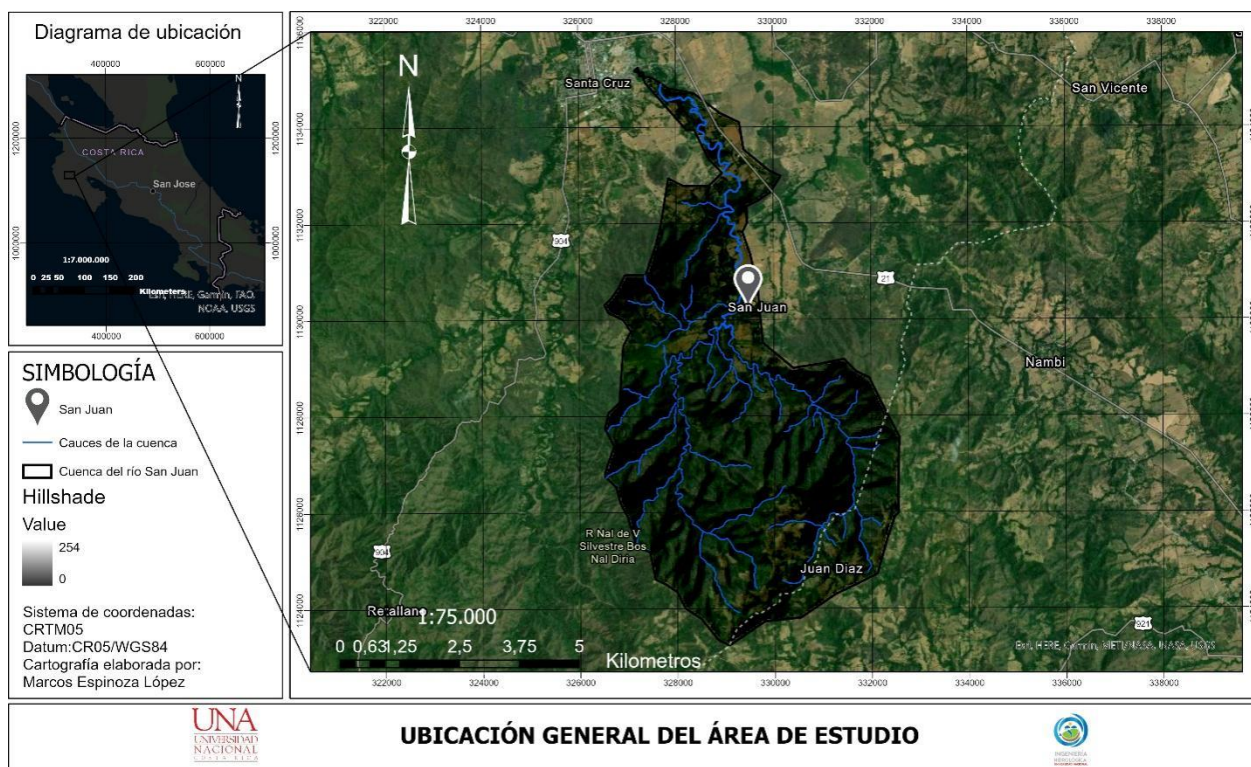
En el siguiente capítulo se realizará una breve descripción del área de estudio, se realizará una síntesis de estudios previos realizados, así mismo con las actividades económicas más comunes de la zona, los aspectos sociales, entre otros de importancia para nuestro estudio.

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Descripción de la zona

La comunidad de San Juan se encuentra ubicada en la provincia de Guanacaste, exactamente en el cantón de Santa Cruz, en el distrito de Santa Cruz, en las coordenadas 329474.3 norte, 1130318.5 este (Figura 1).

Figura 1. Ubicación de la ASADA de San Juan de Santa Cruz sobre la subcuenca del río San Juan.



Fuente: Propia (2021).

Santa Cruz es el tercer cantón de la provincia de Guanacaste ubicada en el Pacífico norte, este cantón cuenta con una gran riqueza cultural local, marcada por el proceso socio-histórico donde preponderan las actividades agropecuarias, dichas actividades económicas han construido y fortalecido la cultura donde muchas de sus tradiciones van directamente ligadas a su entorno, el cual está directamente relacionada con las actividades ganaderas (Morales, 2009).

2.1.2 Estudios previos

Según el Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (2021) Santa Cruz se encuentra conformada geomorfológicamente de la siguiente manera:

Se cuentan con dos unidades geomórficas, denominadas forma de Denudación y de Sedimentación Aluvial.

La unidad de Denudación se clasifica en formas originadas en Rocas ígneas, en sedimentarias marinas, sedimentarias y basálticas. La forma originada en Rocas ígneas se divide en dos subunidades, llamadas Serranías y Valles Profundos del Complejo de Nicoya y los Cerros Testigos del Complejo de Nicoya.

Las Rocas sedimentarias marinas está compuesta principalmente con areniscas, lotitas y calizas de la Formación Rivas y del Complejo de Nicoya.

Las Rocas sedimentarias y basálticas se compone principalmente por una planicie alta resultado de la erosión, se caracteriza por presentar superficies planas, limitadas por laderas de pendientes muy pronunciadas y las rocas que se logran ubicar corresponden al complejo de Nicoya, las cuales son principalmente rocas muy meteorizadas.

2.1.3 Actividades económicas:

La comunidad de San Juan de Santa Cruz posee como principal actividad económica la ganadería. Como es muy común en la bajura Guanacasteca, las fincas ganaderas son posibles de observar con mucha facilidad, ya que estas representan el sustento de muchas familias. Aunque se presenta la ganadería para la producción de leche y productos lácteos, el principal uso a la ganadería en esta comunidad es la de engorde, ya que es una tradición que se viene siendo adoptada de generación en generación.

Esta actividad da un giro en el año de 1953 cuando se inaugura la primera cámara de ganaderos en Guanacaste, la cual se encuentra ubicada en el cantón de Liberia, ya que muchas familias vieron la oportunidad de vender sus animales en mayor cantidad (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Región Chorotega, 2007).

Tabla 1. Distribución de fincas ganaderas en Guanacaste.

Cuadro N° 6. Guanacaste: Distribución por cantón de las fincas y extensión en hectáreas. 2014.				
Cantón	Número de Fincas	Porcentaje con respecto al regional	Extensión ha	Porcentaje con respecto al regional
Liberia	650	6,0	88.447,4	14,9
Nicoya	1.949	18,0	69.690,1	11,8
Santa Cruz	1.959	18,0	76.065,9	12,8
Bagaces	883	8,1	58.568,7	9,9
Carrillo	555	5,1	33.865,1	5,7
Cañas	444	4,1	61.371,1	10,4
Abangares	768	7,1	48.854,6	8,2
Tilarán	1.138	10,5	45.339,5	7,7
Nandayure	757	7,0	39.658,1	6,7
La Cruz	1.072	9,9	49.583,9	8,4
Hojancha	680	6,3	21.194,4	3,6
Guanacaste	10.855	100,00	592.642,8	100,00

Fuente: Fuente: Unidad de Planificación Regional MAG-Chorotega, con Información del Censo Agropecuario Nacional 2014.

Fuente: Comité sectorial Agropecuario Región Chorotega (2017)

Como se puede observar, Santa Cruz para el año 2014 presentó el mayor número de fincas destinadas a la producción bovina de Guanacaste, por arriba de Nicoya y Liberia, dato interesante ya que estos dos cantones antes mencionado muestran grandes extensiones de terreno y la población abastecida son superiores a las de Santa Cruz.

Figura 2. Zona ganadera de la comunidad de San Juan de Santa Cruz.



Fuente: Propia (2021).

Otra actividad que se realiza en la comunidad de San Juan es la agrícola, los pobladores de esta comunidad siembran granos como maíz, frijoles y arroz, básicamente para el consumo diario de sus familias, a modo comercial, otras de las actividades realizadas es la plantación de monocultivos de teca y melina, con el fin de comercializar dicha madera para la fabricación de muebles, tablillas, entre otras (Siu, 2015).

Figura 3. Plantación de maíz en la comunidad de San Juan.



Fuente: Propia (2021).

2.1.4 Antecedentes de la ASADA

La ASADA de San Juan de Santa Cruz fue fundada el 24 de setiembre del año 2003, con 53 socios fundadores los cuales se reunieron en el salón comunal de la comunidad, donde se acordó constituir una Asociación que se regiría por la Ley de Asociaciones y sus reformas, iniciando una era en lo que respecta al abastecimiento de agua potable y saneamiento del lugar, actualmente está ASADA brinda 351 servicios de agua potable (Barrantes, 2021).

La Junta Directiva actual de la ASADA está compuesta por Gerardo Briceño (presidente), Carmen Dory Cabalceta (vicepresidenta), Sandro Gutiérrez (tesorero), Katherine Gutiérrez (Secretaria) y Jose Luis Gutiérrez (Fiscal), como fontanero se encuentra Antonio José Gutiérrez.

Figura 4. Oficina de la ASADA de San Juan de Santa Cruz.



Fuente: Propia (2021).

CAPITULO III. MARCO TEÓRICO

Este capítulo tiene como propósito abarcar conceptos esenciales para la comprensión precisa del presente estudio, de modo que los términos técnicos tengan un mayor alcance de entendimiento para el lector.

3.1 Componentes principales de un Acueducto.

3.1.1 Fuentes de abastecimiento de agua potable.

La obtención del agua potable es el primer paso y el más fundamental en el proceso de establecimiento de una Asociación administradora de Sistemas de Acueductos comunales, ya que sin este preciado líquido el abastecimiento poblacional se vuelve un proceso inviable.

Este se puede obtener de fuentes superficiales, como ríos, riachuelos, lagos, entre otras. También es posible extraer agua de origen subterránea, esta se encuentra almacenada en mantos acuíferos, los cuales pueden caracterizarse según su constitución, entre estos tenemos los acuíferos libres, semiconfinados y confinados, dentro de esta categoría también tenemos a los manantiales. Estos medios generadores del recurso deben de cumplir con las condiciones sanitarias para poder ser utilizada para consumo humano.

En Costa Rica actualmente el agua para consumo humano es extraída principalmente de mantos acuíferos, el 60% del total del agua necesaria para el abastecimiento de la población nacional es obtenida de estas fuentes, mientras que el restante 40% es obtenida de fuentes superficiales (Hernández-Ulate, 2013).

3.1.2 Mantos acuíferos.

Un acuífero es una estructura geológica formada por una o más capas de rocas (grava, arena, caliza) ubicadas en una zona saturada, que pueden almacenar una gran cantidad de agua libre y transportarla. Se caracteriza por una permeabilidad significativa y una extensión y espesor considerables. Constituyen un enorme almacén que puede ser utilizado por medio de estructuras de extracción (pozos) (Hispagua, 2021).

3.1.3 Manantiales.

El agua de manantial es una fuente natural de agua que fluye del agua subterránea a través de rocas, sedimentos o suelo, y luego fluye a través de la superficie de la tierra. El agua puede fluir con fuerza o en un flujo laminar con baja velocidad. Sus características dependen de la topografía del terreno, la ubicación del nivel freático y las unidades permeables e impermeables de suelo, roca o sedimento. (Science for a Changing World, s.f)

3.1.4 Sistema de bombeo.

Un sistema de bombeo mecanizado es un dispositivo que eleva y bombea agua desde un punto bajo a un punto alto, desde aguas superficiales, subterráneas o desde embalses hasta sistemas de distribución. Este tipo de bomba puede funcionar con varias fuentes de energía (electricidad, solar, combustible, viento y animales) (Bruni y Spuhler, 2020).

El sistema de bombeo se compone principalmente de tres elementos según López (2003):

- a) La tubería de succión y sus accesorios.
- b) La bomba (generalmente sumergible, se debe disponer siempre de una bomba de reserva).

- c) La tubería de impulsión y sus respectivos accesorios (posterior a la bomba).

3.1.5 Red de impulsión.

Según la Subgerencia de Gestión de Sistemas Comunes AyA (2015) la red de impulsión es un componente de tubería a través de la cual se transporta agua por bombeo, desde un pozo o tanque cisterna hasta el tanque de almacenamiento o planta potabilizadora.

Para este sistema es recomendable para mantener dentro de valores normales la sobre presión del golpe de ariete, la velocidad pueda encontrarse dentro del rango de 1.0-3.0 m/s (López, 2003).

También López (2003) recomienda que se efectúe un estudio del diámetro de la tubería, para este proceso es posible usar diferentes fórmulas, dentro de las que tenemos la fórmula de Bresse, la cual se expresa de la siguiente manera:

1. En caso de que el sistema opere de manera continua:

Formula 1:

$$D(m) = K\sqrt{Q(m^3/s)}$$

$$K \Rightarrow 0.7 \text{ a } 1.6$$

2. En caso de que el sistema no sea continuo:

Formula 2:

$$D(m) = 1.3X^{1/4}\sqrt{Q(m^3/s)}$$

$$X = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de bombeo por día}}{24}$$

3.1.6 Sistema de almacenamiento.

El sistema de almacenamiento de agua está compuesto por tanques de los cuales deben tener al menos la capacidad requerida para:

- a) compensar las fluctuaciones horarias de la demanda.
- b) combatir incendios cuando el diseño propuesto así lo contemple.
- c) reserva por interrupciones.

3.1.7 Sistema de desinfección.

Corresponde a un único proceso fisicoquímico, cuyo objetivo es asegurar la inactivación o destrucción de patógenos en agua para consumo humano (Subgerencia de Gestión de Sistemas Comunes AyA, 2015).

3.1.8 Red de distribución.

Según la Subgerencia de Gestión de Sistemas Comunes AyA (2015) la red de distribución es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta las previstas de los consumidores, para realizar el cálculo de los diámetros correspondientes para cada una de las líneas de tubería se utilizará la fórmula de Hazen y Williams según lo establece la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial.

Este sistema se compone según López (2003) por:

- **Red principal.**

Tuberías con diámetro nominal mayor o igual a 4", esta es la red encargada de distribuir el agua en las diferentes zonas de la población, garantizando de este modo los caudales y presiones necesarias.

- **Red secundaria.**

Conjunto de tuberías con diámetros menores a 4" hasta los mayores o iguales a 3", estas se abastecen de tuberías principales y alimentan redes terciarias o menores a estas.

- **Red terciaria o menor.**

Esta es alimentada por la red secundaria y es la encargada de abastecer las conexiones de los domicilios, estas pueden ser de 3" o menores, pero nunca de ½".

- **Conexión domiciliar.**

Esta es la red de menor diámetro y se encarga de abastecer las previstas de cada hogar, estas pueden ser de hasta ½" o mayores hasta las 3".

3.1.9 EPANET

EPANET es un programa para el análisis de redes hidráulicas que encaja con todos estos requisitos. Este fue desarrollado a comienzos de los 90 en el Laboratorio de Investigación Nacional para la Gestión de Riesgos (NRMRL) de la Agencia para la Protección de Medio Ambiente de EEUU (USEPA). Los secretos de este éxito son varios, siendo la conjunción de todos ellos quienes han convertido a esta aplicación en un referente para el modelado de las redes de distribución de agua. En primera instancia EPANET

incorpora algoritmos de cálculo internos que no han sido superados. Dentro de las cualidades de estos tenemos la rapidez de cálculo, gracias al empleo de matrices vacías y la codificación del módulo de cálculo en lenguaje ANSI C, con la rapidez de convergencia gracias a la formulación del problema de equilibrio por métodos del gradiente (Martínez Alzamora, 2003).

3.1.10 AutoCAD Civil 3D

AutoCAD Civil 3D es una herramienta de diseño y cálculo muy útil en el desarrollo de carreteras, movimiento de tierras, cálculos de terreno, diseño de información, ingeniería civil y más. La característica principal es que fue creado por AUTODESK, es decir, tiene comandos y funciones similares, más otros dedicados a la infraestructura civil. Es un programa para la creación de proyecciones y planos, pero en 3D, también figuras y todo tipo de formas, los principales objetivos, por ser AutoCAD civil debe ser apoyar la labor de los ingenieros, con algunas otras opciones únicas para esta versión del programa (Herrera, 2014).

3.1.11 Balance Hídrico

El balance del agua se basa en el balance de masas, en el sentido de que representa el equilibrio entre los recursos hídricos que entran al sistema y los que salen del mismo, en un período de tiempo dado PHICAB (1992).

CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD.

En este capítulo se realiza la evaluación del proyecto, utilizando como base de referencia a el libro de Sapag et al. (2014), con el fin de llevar un hilo conductor adecuado en el desarrollo de la determinación de la prefactibilidad del proyecto.

4.1 Estudio legal

Para poder evaluar la parte legal del proyecto, se realiza la revisión del marco legal costarricense en temas de evaluación, diseño y construcción de sistemas de acueductos comunales.

Cuadro 2. Marco legal con relación al proyecto.

Marco legal	Referencia
Ley general de agua potable	Artículo 1º.- Se declaran de utilidad pública el planeamiento, proyección y ejecución de las obras de abastecimiento de agua potable en las poblaciones de la República.
Reglamento de prestación de servicios del AyA	Artículo 9º. - Es obligación del prestador de los servicios de agua potable y saneamiento brindarlos dentro de los parámetros de prestación óptima en cuanto a calidad, cantidad, continuidad, confiabilidad, igualdad, acceso universal, eficiencia, oportunidad, sostenibilidad y con un enfoque de derechos humanos, salvo en casos de fuerza mayor, caso fortuito o periodos de mantenimiento debidamente divulgados que afecten la zona de cobertura donde está localizada la propiedad.
Reglamento de prestación de servicios del AyA	Artículo 10º. - Del tipo de zonas que permiten o imposibilitan el otorgamiento de servicios por parte del prestador. Cuando el operador determine mediante estudios técnicos, que dentro de su zona de cobertura existen condiciones que limitan la continuidad en la prestación del servicio o que imposibilitan la atención de las zonas de influencia, ésta será definida como tal y será declarada zona de restricción de servicios. La Subgerencia de Gestión de Sistemas

	GAM, la Subgerencia de Gestión de Sistemas Periféricos o la Subgerencia de Gestión de Sistemas delegados, respectivamente, deberán fundamentar mediante un estudio técnico las características que la definen como tal y establecer los requerimientos necesarios para superar esa restricción.
Reglamento de las asociaciones administradoras de sistemas de acueductos y alcantarillados comunales.	Artículo 5°. - Los estudios necesarios para proyectos de mejoras, ampliaciones o modernización de los sistemas delegados podrán ser realizados por la ASADA con base en la normativa e instrumentos definidos por el AyA y con el respaldo técnico de un profesional responsable, debidamente incorporado al Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. Es responsabilidad compartida de la ASADA y el profesional responsable velar por la correcta aplicación de la normativa técnica, políticas y directrices institucionales emitidas por AyA, cuya normativa resulta de acatamiento obligatorio en el diseño y construcción.

Fuente: Propia (2021).

Por medio del análisis del marco legal costarricense se logra determinar que el proyecto que se plantea ejecutar cuenta con viabilidad legal, ya que no hay ningún sistema normativo que impida la ejecución de estos proyectos, por lo contrario, los proyectos de mejora de acueductos comunales forman parte de la obligación según el marco legal para las ASADAS ya que estos buscan brindar servicios de calidad.

4.2 Estudio ambiental

Según el Artículo 4° de Resolución N° 2373-2016-SETENA, las actividades, obras o proyectos considerados como de muy bajo impacto ambiental potencial son aquellas que reúnen las siguientes condiciones:

1. Que a pesar de que produzca un efecto negativo, el grado de alteración o intensidad de la actividad, obra o proyecto sobre el ambiente se considera mínima debido a que la extensión del efecto es puntual; la permanencia del impacto en el ambiente es fugaz, puesto que el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas, por medios naturales, en un lapso menor a un año.
2. Que los desechos sólidos generados sean manejados y dispuestos finalmente bajo el marco normativo de la Ley para la Gestión Integral de Residuos, en sitios autorizados por el ente competente.
3. Que no se produzcan ruidos que superen la norma técnica que establece los límites máximos permitidos por el Ministerio de Salud.
4. Que no se trate de una actividad, obra o proyecto nuevo que produzca el cambio de uso del suelo en terrenos cubiertos por bosque, o bien, invada la zona protección de cuerpos de agua superficial.
5. Que se comprometan a aplicar prácticas de gestión ambiental, conforme a lo establecido en las regulaciones ambientales vigentes en el país y con el Código de Buenas Prácticas Ambientales.
6. Que cuente con certificado de uso del suelo conforme, cuando corresponda.

Conociendo las características del proyecto y realizando una comparación con respecto a las condiciones que deben cumplir los proyectos catalogados como **de muy bajo impacto ambiental**, es posible determinar que el proyecto se encuentra dentro de esta categoría, ya que no se presentarán cambios ambientales significativos, por lo que se contará con viabilidad ambiental.

4.3 Estudio social.

Existen varios argumentos que justifican la realización de este estudio desde el punto de vista social en la comunidad de San Juan, uno de ellos es la limitación que poseen un gran número de familias de poder optar por tener con su hogar propio, este mismo fenómeno afecta a distintas comunidades en la provincia de Guanacaste, tal como lo menciona Haydeé Rodríguez en una entrevista con O'neal (2019) ya que indica que “han sido muchos años de consulta entre distintos sectores ya sabemos que el agua es un elemento no solamente básico para la vida sino para el sector productivo y es planificación estratégica, donde tengamos agua ahí tenemos una llave para el desarrollo para una comunidad, una industria o lo que se quiera hacer”

4.4 Estudio técnico.

El siguiente apartado tiene como objetivo según Sapag et al. (2014) proveer información para cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación pertinentes a esta área. De la misma manera que se determinarán los requisitos de equipos de fábrica para la operación y el monto de la inversión correspondiente. Este estudio siguiendo lo sugerido por Sapag et al. (2014) se divide en:

- Proceso de producción.

- Insumos necesarios.
- Costos.

4.4.1 Proceso de producción.

4.4.1.1 Herramientas de procesos.

Para poder llevar a cabo el presente estudio se requiere la utilización de herramientas especializadas en procesamientos de datos y modelación de resultados, dentro de estas herramientas necesarias tenemos:

4.4.1.1.1 Microsoft Excel.

Es una herramienta de procesamiento de datos, esta es una herramienta necesaria para organizar, analizar, administrar y compartir información con gran facilidad (UCR, 2021).

4.4.1.1.2 EPANET

EPANET como fue mencionado en el capítulo III es una herramienta de análisis de redes hidráulicas que encaja con todos los requerimientos, comprendiendo los cambios en el flujo circulante a través de la tubería y el volumen almacenado en el tanque.

4.4.1.1.3 ArcGis Pro

ArcGIS Pro es una poderosa aplicación GIS de escritorio. Es un software rico en funciones desarrollado con las mejoras y la creatividad de la comunidad de usuarios. ArcGIS Pro admite visualización de datos, análisis avanzado y mantenimiento de datos de validación en 2D, 3D y 4D. (aeroterra, 2021).

4.4.1.1.4 AutoCAD Civil 3D

AutoCAD Civil 3D es una herramienta de cálculo y diseño muy útil tal como se mencionó en el capítulo anterior (capítulo III) esta herramienta permitirá el tratamiento de

los datos obtenidos en campo ya que esta permitirá realizar la transformación de los datos de formato SHP file a formato DXF AutoCAD 2018, el cual es el que se necesitará para el proceso de transformación realizado por medio de la herramienta EpaCAD.

4.4.1.1.5 EpaCAD

EpaCAD es un programa gratuito que permite convertir de forma sencilla un fichero que contenga una red de AutoCAD, en un fichero interpretable por EPANET, este es capaz de reconocer de forma automática las principales propiedades de los elementos, facilitando en gran medida el trabajo necesario para generar una red (Universidad Politécnica de Valencia, s.f).

4.5 Estudio económico.

4.5.1 Estudio económico.

La investigación científica, generalmente es realizada por instituciones de educación superior o centros de investigación en campos específicos del conocimiento, estos tienen costos operativos extremadamente altos. Independientemente del costo de capacitación de los investigadores que constituyen el campus, incluyendo todo el proceso educativo que los sustenta (Laufer, 2019). Debido a esto es común que los productos generados por medio de este tipo de investigación se muestren de una manera intangible, como lo son los modelamientos hidráulicos, sin embargo, gracias a esto se podrá tener un resultado tangible, el cual es el comportamiento de las redes de agua potable del Acueducto, es por ello la importancia que representa este tipo de investigaciones.

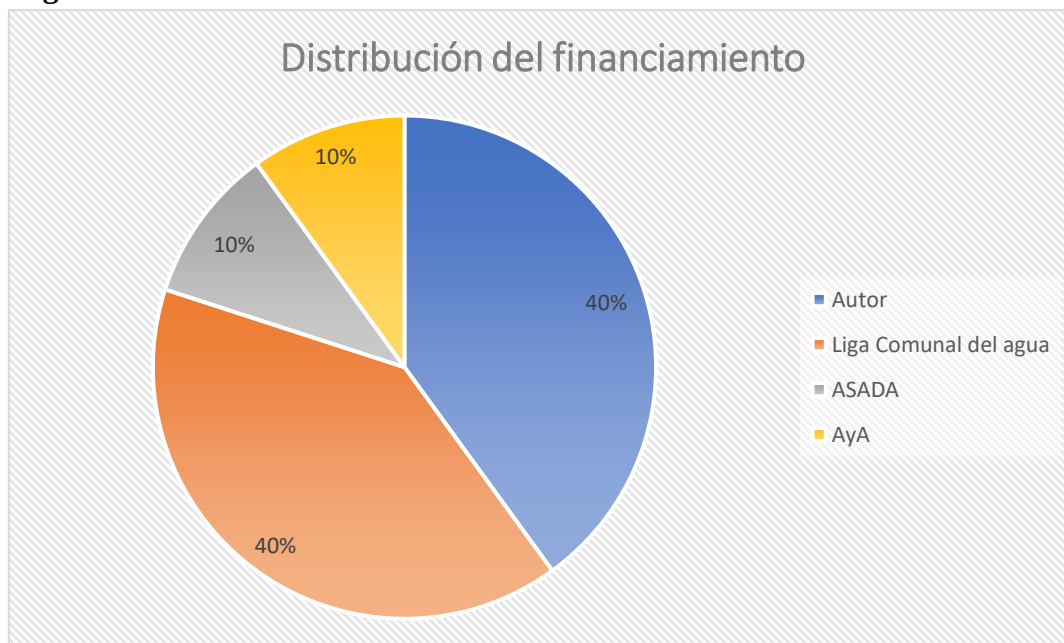
Cuadro 3. Presupuesto detallado de la actividad.

Categoría	Rubro	Financista	Precio	Cantidad	Costo total	Observaciones
Directos	Georreferenciación de acueducto	LCA y autor	€336.400	1 día	€336. 400	Georreferenciación de todos los componentes del acueducto para realizar la modelación.
	Materiales de campo	Autor y ASADA	€60.000	Varios	€60.000	GPS, bitácora, equipo de protección personal, otros.
Indirectos	Profesionales	LCA y AyA	€22.753	160 horas	€3.640.480	Bachillerato en ingeniería.
	Viáticos	LCA y autor	€65.000	3 días	€195.000	3 tiempos de comida, kilometraje, hospedaje.
	Total				€4.231.880	

Fuente: Propia (2021).

Se aclara al lector que, de acuerdo con las características de este estudio, los costos asociados al proyecto son financiados por la Liga Comunal del Agua, la ASADA, el AyA y el autor, así como se muestra en la siguiente figura.

Figura 5. Distribución del financiamiento.



Fuente: Propia (2021).

Cómo es posible observar, se tendrá cuatro partes interesadas que fungirán como financistas del proyecto, por lo cual es posible mencionar que este proyecto muestra viabilidad financiera para llevarse a cabo.

CAPÍTULO V. MARCO METODOLÓGICO.

5.1 Tipo de investigación.

Debido al tipo de procesos necesarios para poder realizar un adecuado análisis se llevará a cabo una investigación del tipo aplicado, la cual según Murillo (2008) es una "investigación práctica o empírica ", se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos.

5.2 Método de la investigación.

Debido a la naturaleza del proyecto, es necesario implementar el método de investigación mixto que evalúen el aspecto cualitativo, ya que es indispensable reconocer las necesidades de los individuos de la comunidad, sin embargo, también es fundamental realizar investigación del tipo cuantitativo, ya que se buscará caracterizar las condiciones del acueducto, para de esta manera poder realizar recomendaciones para posibles mejoras, por medio de esta metodología se pretende combinar la perspectiva cuantitativa y cualitativa en un mismo estudio, con el objetivo de darle profundidad al análisis cuando las preguntas de investigación sean complejas (Hamui-Sutton, 2013).

5.2.1 Población y muestra.

Actualmente la ASADA de San Juan cuenta con 351 abonados activos y con al menos 32 solicitudes nuevas, para un total de 383 posibles servicios a dotar de agua potable, según el objetivo de esta investigación se deberá tomar como muestra a los 351 abonados que se encuentran activos, ya que se deberán determinar las condiciones en cada uno de estos servicios brindados, con el fin de evaluar la totalidad del sistema de agua potable de la comunidad.

5.2.2 Criterio de muestreo

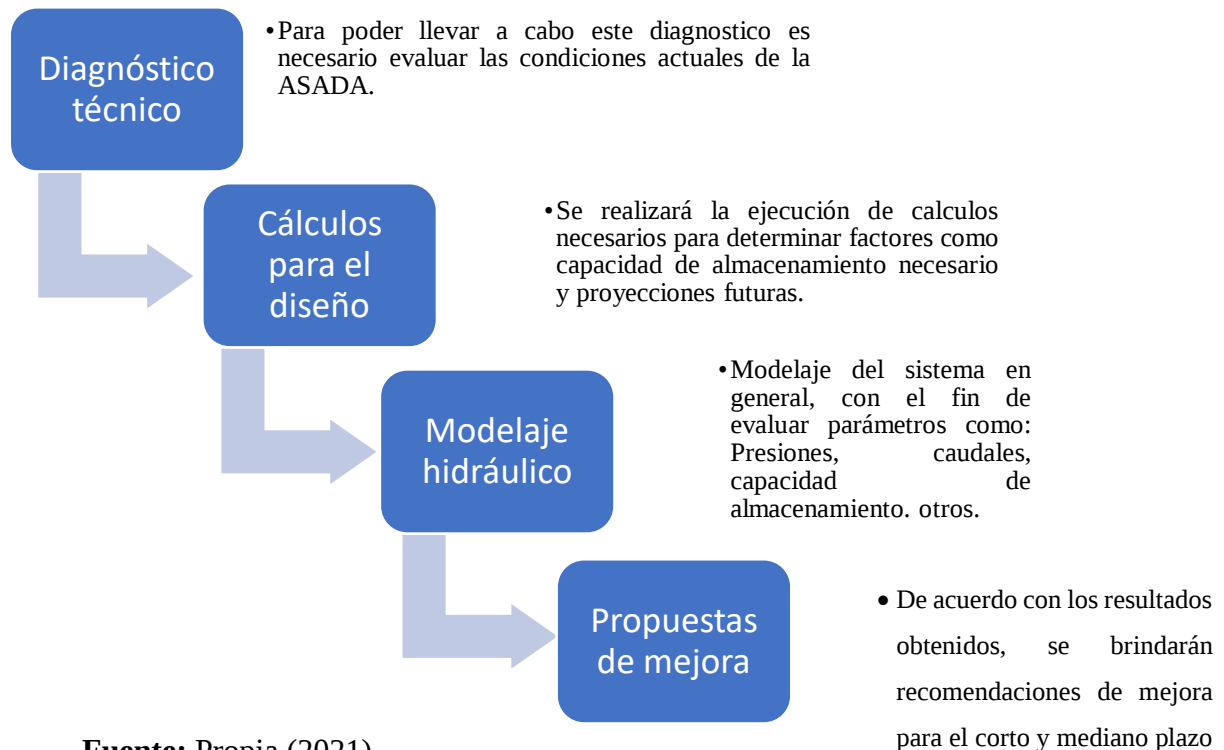
Se implementará un tipo de muestreo del tipo no probabilístico, ya que se pretenderá determinar las condiciones en las cuales se les brinda el servicio a la población en general.

5.2.3 Fuentes y técnicas para la recolección de información.

Se recopilarán datos de campo, en el cual se pretenderá determinar aspectos como, ubicación de tuberías, válvulas, hidrantes, tanques, hidrómetros y topografía del terreno, para lograr este objetivo será necesaria la implementación de un sistema lo bastante preciso para poder determinar alturas, ubicación y diferentes características que se vuelven fundamentales para el proyecto, para lo cual será necesaria utilizar un sistema de geoposicionamiento global, de la misma manera que los softwares y herramientas mencionadas en el capítulo III.

5.4 Metodología del proyecto.

Figura 6. Esquema metodológico del proyecto.



Como es posible observar en el esquema anterior (figura 6), la metodología planteada para la puesta en marcha del proyecto se divide por etapas, dentro de las que tenemos:

5.4.1 ETAPA I: Levantamiento topográfico.

En este proceso se realizará la georreferenciación por medio de la herramienta Map Crack utilizada en un teléfono móvil marca Blackview modelo BV6300 Pro, este sistema cuenta con una precisión de menos de 1 m, posee un sistema Ultra Rugged que permite una mayor recepción de satelital, el sistema antes mencionado se encuentra respaldada con certificaciones militares, lo que permite una mayor confiabilidad. Para este proceso fue necesario realizar dos visitas de campo, en los que se realizó el proceso de recolección de información, dentro de la cuál fue necesario obtener la referencia de ubicación de los siguientes elementos:

- Tanque de almacenamiento.
- Red de distribución.
- Red de impulsión.
- Medidores
- Accesorios (válvulas de paso, válvulas de aire, válvulas de lavado, etc.).
- Pozos
- Otros.

5.4.2 ETAPA II: Cálculos para el diseño.

Tomando como base la Norma Técnica para Diseño y Construcción de sistemas de Agua Potable se realizarán los cálculos necesarios para poder definir los requerimientos reales para brindar un servicio de agua potable de calidad.

5.4.2.1 Dotación.

Para determinar la dotación poblacional, se tomará como base la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Saneamiento y Pluvial, (2017), la cual indica que se deben tomar en cuenta los patrones de consumos y demandas de la localidad en estudio, según datos reales, si los mismos se tienen a disposición, de no ser así se deberá utilizar el factor de 250 l/p/d esto para poblaciones rurales.

5.4.2.2 Caudales de diseño

Debido a que el volumen de agua que aportan las fuentes debe ser los necesario para abastecer las necesidades del periodo de diseño para de esta manera asegurar el abastecimiento de agua y que se vea ininterrumpido el suministro o bien que sea de bajo costo de inversión el proceso de activación del servicio (Jurado, 2016).

Para poder realizar el cálculo de este caudal, será necesario implementar las siguientes formulas:

Ecuación 3 $Q_d = Q_{\text{máxdiario}}$

Ecuación 4 $Q_{\text{máxdiario}} = 1.2 * Q_{\text{promedio}}$

Ecuación 5 $Q_{\text{promedio}} = \frac{C * P}{86400}$

Q_{máxdiario}: Esta es la demanda que se presenta diariamente, este se obtiene al multiplicar el caudal promedio diario por el factor máximo horario de 1.2.

Q_{promedio}: Este es el caudal que representa el consumo diario basada en la población y la dotación del área del proyecto.

C (Consumo bruto) es el consumo representado en litros por persona por día para cada uno de los miembros de la población en estudio.

P (Población proyectada) este representa la población en estudio.

5.4.2.3 Balance de aguas

El balance de aguas consiste en comparar el consumo vs la producción con el fin de determinar las condiciones de abastecimiento con el que cuenta la población.

Ecuación 6: Balance (l/s) = Caudal de producción de las fuentes-Caudal máximo diario.

5.4.2.4 Capacidad de almacenamiento

Para poder realizar la estimación del volumen de almacenamiento necesaria para el presente proyecto se utilizará lo mencionado en la Norma técnica para el diseño de agua potable y saneamiento (2019), en el que se señala que el volumen de almacenamiento debe ser suficiente para compensar las fluctuaciones horarias del consumo, para ello será necesario contemplar los volúmenes de regulación del consumo, reserva contra incendios y reserva por interrupciones.

5.4.2.4.1 Volumen por regulación de consumo: Este volumen represente el requerido para poder abastecer a la población en los distintos puntos de fluctuación que se presentan en el día.

Ecuación 7 $V_{reg} = Q \text{ promedio diario} * 86.4 * 14\%$

5.4.2.4.2 Volumen de reserva por interrupciones: Este volumen representa el periodo total de 4 horas según el caudal promedio diario.

Ecuación 8 $V_{int} = Q \text{ promedio diario} * 86.4 * 4/24$

5.4.2.4.3 Volumen contra incendios:

El artículo 5 del Reglamento a la Ley de Declaratoria del Servicio de Hidrantes como Servicio Público y Reforma de Leyes Conexas (N°8641) se indica que “...Si el hidrante está conectado a un tanque de almacenamiento de agua, el tanque debe tener como reserva adicional para incendio 15 metros cúbicos de agua para conjuntos habitacionales cuyas casas estén separadas y 22 metros cúbicos de agua para conjuntos habitacionales cuyas casas sean contiguas...” Por lo que para nuestro caso en estudio se determina un volumen contra incendios de 22 metros cúbicos.

5.4.3 ETAPA III: Modelaje hidráulico.

El modelo hidráulico se realizará mediante el software EPANET 2.0, desde datos obtenidos de levantamientos topográficos. Posteriormente se realizará la calibración para ajustar los parámetros del nodo con el fin de obtener el comportamiento del modelo lo más cercano posible a las condiciones de campo. Para ello, Incluya los valores de presión tomados del modelo en diferentes puntos del acueducto para que permita analizar las condiciones hidráulicas actuales y futuras del acueducto.

Para este punto, será necesaria la evaluación de las pérdidas por fricción, estas producidas por el tipo de material del conducto, para poder realizar el cálculo de estas

pérdidas se utilizará la fórmula propuesta por Hanzel-Williams la cual es recomendada en la Norma Técnica del AyA.

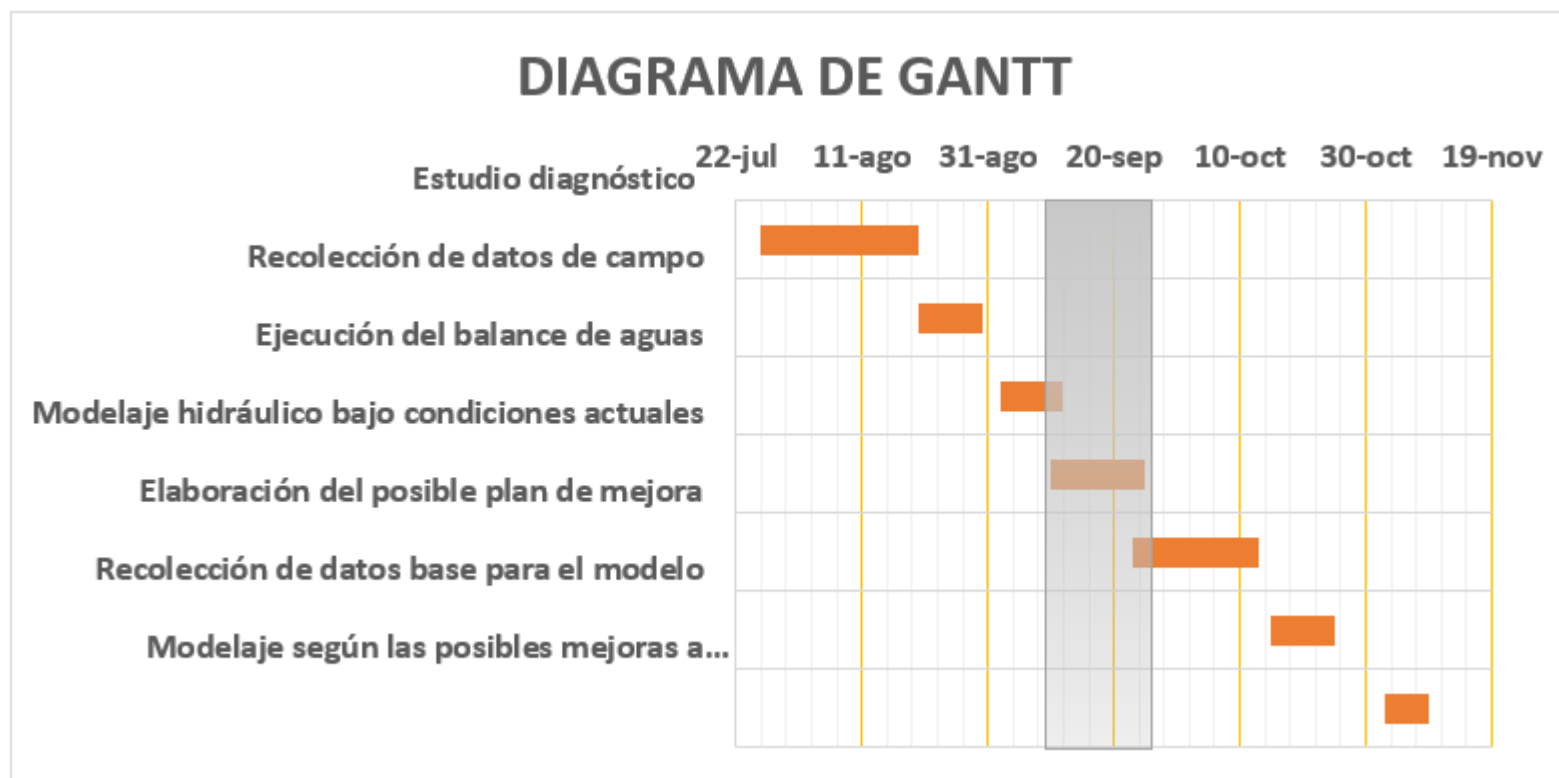
Ecuación 8 $Q = 0.2785 * C * D^{2.63} * J^{0.54}$

5.4.4 ETAPA IV: Propuestas de mejora.

Según los resultados que se obtengan por medio del análisis del panorama actual en comparación con los requerimientos señalados por la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Saneamiento y Pluvial, (2017) se realizará una propuesta de mejora, la cual tendrá el objetivo llevarse a cabo a mediano o largo plazo, esto con el fin de retirar de la lista de ASADAS en Zona Deficitaria a Asada de San Juan.

5.5 Cronograma de actividades

Figura 7. Diagrama de Gantt de actividades realizadas.



Fuente: Propia (2021).

5.6 Gastos del proceso

Cuadro 5. Cuadro de gastos de actividades de campo.

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio final
<i>GASTOS DIRECTOS DEL PROYECTO</i>			
Evaluación del sistema			
Levantamiento infraestructura del sistema	1	₡ 800.000	₡ 904.000
Levantamiento de información (presiones, diferenciales de altura, otros)	1	₡ 150.000	₡ 169.500
Procesamiento de información			
Modelación del sistema mediante software's destinados para dicha tarea (EPANET, ArcGis Pro, Qgis, otros)	1	₡ 100.000	₡ 113.000
Informe de modelación	1	₡ 160.000	₡ 180.800
Pago de personal			
Profesional bachiller		₡ 650.000	₡ 734.500
Gastos Directos	Subtotal	₡ 1.860.000	₡ 2.101.800
<i>GASTOS INDIRECTOS DEL PROYECTO</i>			
Giras de campo			

Viáticos (Transporte y almuerzo)	1	₡ 9500	₡ 10.735
Instrumentación necesaria (GPS, RTK, manómetro, otros)	1	₡ 80.000	₡ 90.400
Otros gastos			
Bitácora de control	1	₡ 3000	₡ 3390
Gastos indirectos	Subtotal		₡ 104.525
Inversión	Subtotal		₡ 2.206.325
Imprevistos	10% del total de inversión		₡ 220.636
Inversión total	Precio Total		₡ 2.426.961

Fuente: Propia (2021).

Cuadro 6. Tabla resumen de revisión metodológica.

Objetivo	Métodos de obtención de datos	Muestreo	Tipo de dato
1-Obtención de datos de campo.	Levantamiento topográfico por medio de la herramienta Map Track .	100% de la infraestructura del acueducto. Se utilizará un tipo de muestreo probabilístico y no probabilístico	Cuantitativo y cualitativo
2-Análisis de archivos internos.	Se solicitó información de archivos de la ASADA a la administradora.	Pruebas de calidad de agua, personería jurídica, terrenos a nombre de la ASADA y datos de consumo. Se utilizará un tipo de muestreo probabilístico y no probabilístico	Cualitativos y cuantitativos.
3-Modelaje del sistema	Datos obtenidos en campo. Empleo del software EPANET.	Infraestructura, topografía y total de previstas del sitio en estudio. Se utilizará un tipo de muestreo probabilístico y no probabilístico	Cuantitativo y cualitativo
4-Cálculos para el diseño.	Aplicación de fórmulas para la estimación de factores.	100% de los parámetros requeridos. Se utilizará un tipo de muestreo probabilístico.	Cuantitativo

	Identificación de posibles sitios disponibles para la posible puesta en marcha de procesos de mejora.		
5- Propuesta de mejora	Modelaje hidráulico por medio de EPANET y SIG. Topografía y ubicación de futuros proyectos.	100% de las posibles obras nuevas a construir. Se utilizará un tipo de muestreo probabilístico y no probabilístico	Cualitativos y cuantitativos.

Fuente: Propia (2021).

CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Por medio de este capítulo se pretende mostrar los principales resultados en la realización del proyecto, cuyo fin será la evaluación de la infraestructura existente del acueducto y de esta manera identificar posibles fallencias en el mismo, procurando cumplir de esta manera con el primer objetivo del proyecto

6.1 Diagnostico de la situación actual.

6.1.1 Obras de captación.

La ASADA de San Juan de Santa Cruz cuenta actualmente con una única fuente de agua subterránea, el cual se encuentra ubicado en el sistema de coordenadas X=329552.406487, Y=1130255.449826 (CRTM05), este cuenta con un caudal de consumo humano concesionado de 5.4 l/s, este se encuentra totalmente inscrito contando con el número de pozo **DI-416**, actualmente se extraen 6.12 l/s, por medio de una bomba de 3 Hp, impulsando de esta manera el agua hasta el tanque que se encuentra elevado a 15 m desde su base, en la salida del pozo es posible observar la cachera, misma que se encuentra fabricada en hierro galvanizado con un diámetro de 2" o 50 mm, con 2 válvulas de paso en su estructura principal y dos más en sus salidas, de la misma manera que se cuenta con un control de nivel, el cual es el responsable de sacar de operación la bomba en caso de que se presente una disminución considerable del volumen de agua disponible en el pozo, también se logró observar que este pozo cuenta con un sistema de desinfección ubicado dentro de la misma estación de bombeo.

Este sistema de cloración es un clorador de cámara seca de la marca ACCU-TAB, el cual es un sistema de funcionamiento sencillo y de poco mantenimiento, para el cual utilizan pastillas de la marca Accu-Tab las cuales son tabletas de tres pulgadas, estas se asientan en la parte superior

de una placa de tamiz dentro del clorador, el flujo de agua es regulado para controlar la entrada de cloro a la red, el agua clorada se devuelve a la corriente principal del sistema con la cantidad de cloro apropiada.

6.1.2 Obras de conducción.

Por medio de las visitas de campo realizadas a la comunidad de San Juan de Santa Cruz se determinó que la tubería de conducción o de impulsión posee una longitud de 35 m con un diámetro de 2" o 50 mm, el caudal trasegado a boca de pozo es de 6.12 l/s, logrando trasladar de esta manera el agua necesaria para satisfacer el volumen de agua requerido por la población.

6.1.3 Obras de almacenamiento.

Actualmente la ASADA cuenta con un tanque de almacenamiento de 36 m³ o 36.000 litros, el cual se encuentra elevado a 15 metros de altura con respecto al nivel del suelo, este posee una estructura de hierro en forma cilíndrica.

6.1.4 Obras de distribución.

La ASADA de San Juan cuenta con una red de tuberías PVC compuesta por diámetros de 1"(25 mm) el cuál cubre una distancia de 502.03 metros, 1.1/2"(37.5 mm) con una distancia de 289.38, una de 2"(50 mm) siendo esta la que cubre la gran mayoría del territorio de la ASADA con 6.734.46 metros y por último una tubería de 3" (75 mm) cubriendo 1.646 metros, todas estas con un Standard Dimension Ratio o SDR, número 26, las cuales según lo indicado en el catálogo de tuberías DURMAN (2016), son capaces de soportar 160 libra por pulgada cuadrada o PSI.

6.1.5. Consumo por servicios

Actualmente la ASADA cuenta con 351 servicios activos, adicionalmente de que se cuenta con al menos 32 solicitudes nuevas, según datos aportados por la ASADA el consumo mensual promedio por habitación es de 19.2 m³.

Para esta población según los datos INEC el factor de hacinamiento es de 3.51 personas en promedio por cada uno de los hogares, según las condiciones de esta población según la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, establecida por el Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados (2017) es de 250 l/p/d.

Cuadro 7. Dotación de la comunidad de San Juan de Santa Cruz

Factor	San Juan
Promedio mensual	19.2
Total de habitantes	1221
Dotación	250

Fuente: Elaboración propia, (2021).

6.1.6 Caudal de diseño.

Según los datos de consumo obtenidos en la ASADA, así como los datos de producción de la fuente se procederá a realizar el balance de aguas.

Para este proceso se utilizará la ecuación #6

Balance (l/s) = Caudal de producción de las fuentes-Caudal máximo diario.

Para ello se necesitará la obtención del caudal promedio, el cual se determinará según la ecuación #5:

Caudal promedio diario:

$$Q_{\text{promedio}} = \frac{\text{Pob.servida} \times \text{Dotación bruta}}{86400}$$

$$Q_{\text{promedio}} = \frac{1221 \times 250}{86400} = 3.53 \text{ l/s}$$

Caudal máximo diario:

Para determinar el caudal máximo diario se utilizará la ecuación #4

$$Q_{\text{máxd diario}} = 1.2 \times Q_{\text{promedio}}$$

$$Q_{\text{máxd diario}} = 1.2 \times 3.53 \text{ l/s} = 4.24 \text{ l/s}$$

Caudal máximo horario:

Para determinar el caudal máximo diario se utilizará la ecuación

$$Q_{\text{máxhor}} = 1.8 \times Q_{\text{máxd diario}}$$

$$Q_{\text{máxhor}} = 1.8 \times 4.24 \text{ l/s} = 7.63 \text{ l/s}$$

6.1.7 Balance de aguas

Cuadro 8. Resumen de datos de demanda y producción.

Dato	San Juan
Servicios	348
Población	1221

Caudal Promedio diario (l/s)	3.53
Caudal máximo diario (l/s)	4.24
Caudal máximo horario (l/s)	7.63
Caudal de producción (l/s)	6.12
Balance de aguas	1.88 l/s

Fuente: Propia (2021).

Como se observa en la tabla anterior, el sistema da abasto y tiene a la fecha un balance positivo de 1.88 l/s disponibles para poder asignar al menos 170 cartas de disponibilidad nuevas en la comunidad de San Juan de Santa Cruz.

6.1.8. Capacidad de almacenamiento.

Para la determinación de la capacidad de almacenamiento es necesario determinar el volumen de regulación de consumo para lo que se utilizará la ecuación #6, el volumen de reserva por interrupciones, ecuación #7 y el volumen contra incendios

Volumen de regulación de consumo:

Ecuación 7 $V_{reg} = Q \text{ promedio diario} * 86.4 * 14\%$

$V_{reg} = 3.53 * 86.4 * 14\% = 42.69 \text{ m}^3$

Volumen de reserva por interrupciones:

Ecuación 8 $V_{int} = Q \text{ promedio diario} * 86.4 * 4/24$

$V_{int} = 3.53 * 86.4 * 4/24 = 50.83 \text{ m}^3$

Volumen contra incendios:

Según lo establecido por el Benemérito cuerpo de bomberos en la Ley 8641 “Ley de Hidrantes” como volumen mínimo contra incendios se debe asignar un volumen de **22 m²**.

Cuadro 9. Volumen de almacenamiento requerido por la ASADA

Uso	Volumen (m³)
Volumen de regulación	42.69
Volumen de reserva por interrupciones	50.83
Volumen contra incendios	22
Volumen total	115.52
Volumen de almacenamiento actual	36
Balance de volumen de almacenamiento	-79.52

Fuente: Propia (2021).

Como es posible observar, la comunidad de San Juan de Santa Cruz muestra un déficit de almacenamiento preocupante ya que no logra suplir las necesidades básicas, debido a este factor, la ASADA actualmente se encuentra entre los Acueductos comunales declarados por Acueductos y Alcantarillados como una ASADA en zona de no factibilidad técnica, ya que como se pudo observar anteriormente, en la parte hídrica la ASADA aún posee capacidad para brindar nuevos servicios, sin embargo esta es una problemática bastante significativa, ya que tiene como producto, desabastecimientos frecuentes, presiones bajas de operación, altos consumos energéticos del

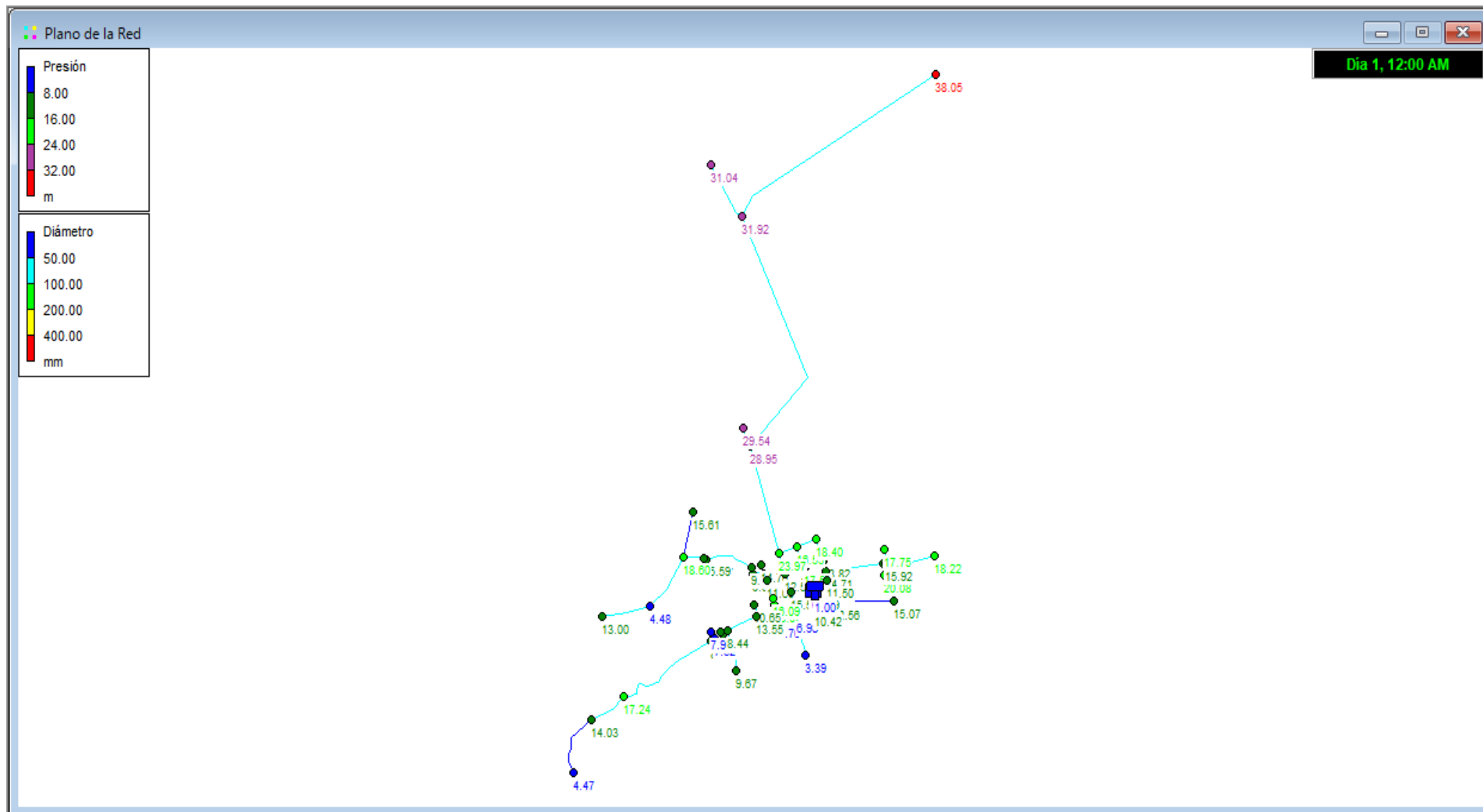
sistema de bombeo debido al frecuente encendido y apagado del mismo, incumplimiento del volumen mínimo necesario contra incendios y un gran número de desventajas que representa esta problemática.

Para poder suplir la demanda de almacenamiento la ASADA requerirá de mínimo 4 tanques tipo PEAD de 22 m³, los cuales con la suma del tanque de almacenamiento actual aportarían un volumen de 124 m³, supliendo con esto la demanda actual, sin embargo, es importante prever las solicitudes de cartas de disponibilidad de agua nuevas.

6.2 Modelación hidráulica.

Para poder evaluar las condiciones actuales del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad de San Juan se deberá realizar el modelaje hidráulico, ya que este brindará un panorama más cercano a la realidad por medio del cual se podrán tomar decisiones.

Figura 8. Modelaje hidráulico de la condición actual de la ASADA de San Juan.



Fuente: Elaboración propia (2021).

De acuerdo con la figura 7, el acueducto de San Juan cuenta con presiones bajas en gran parte de su red, siendo el sector suroeste el más afectado por esta condición, presentando presiones menores a los 10 metro columna de agua (m.c.a), infringiendo con lo establecido en la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, establecida por el Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados (2017), la cual establece que “la red debe ser diseñada para que en todo punto o nudo de la red, la presión de servicio (presión Nodal) sea mayor o igual a 15 m.c.a (1,5 Kg/cm²)”.

6.3 Funcionamiento del sistema.

Para poder determinar el funcionamiento del sistema fue necesario realizar tres visitas de campo:

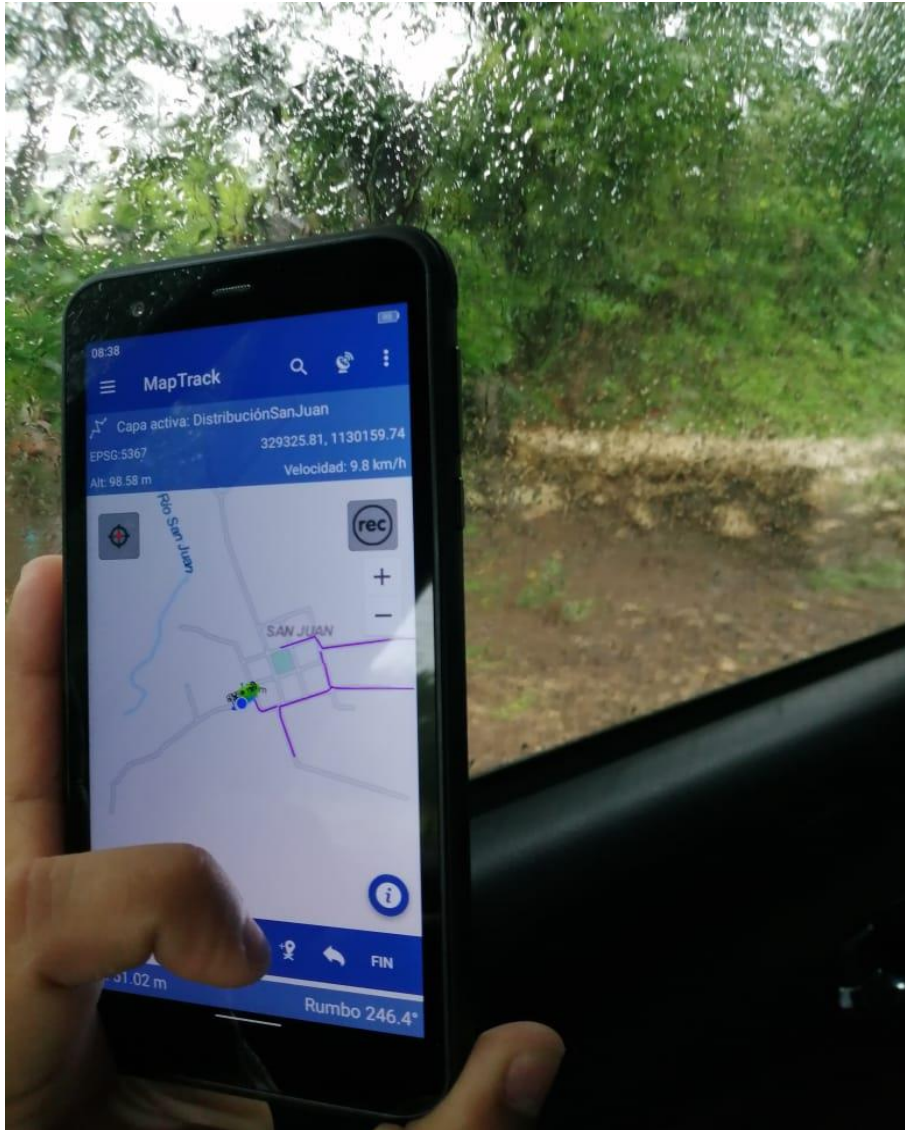
27 de agosto del 2021:

Se realizó el levantamiento topográfico de la red de distribución con sus respectivos diámetros, valvulería, fuentes de abastecimiento y topografía del terreno, esto mediante la herramienta Map Crack utilizada en un teléfono móvil marca Blackview modelo BV6300 Pro, este sistema cuenta con una precisión de menos de 1 m, en este proceso se contó con la compañía del fontanero de la ASADA, Antonio Gutiérrez Zúñiga y geóloga Paola Alvarado Piedra.

30 de agosto del 2021:

Se concluyó con la recolección de información de campo la cual consistió en el levantamiento de abonados de la ASADA de San Juan, recolectando; ubicación geográfica, número de medidor, nombre de usuario y consumos.

Figura 9. Levantamiento de información en campo.



Fuente: Propia (2021).

En la figura anterior se muestra el proceso de recolección de información, esto por medio de sistema MapTrack, con este sistema fue posible obtener la ubicación de las tuberías, así como la definición de sus diámetros, de la misma manera que fue posible definir ubicaciones de válvulas de paso, válvulas de limpieza, válvula de aire, así como la ubicación de cada una de las previstas de los abonados.

Figura 10. Toma de datos de los usuarios

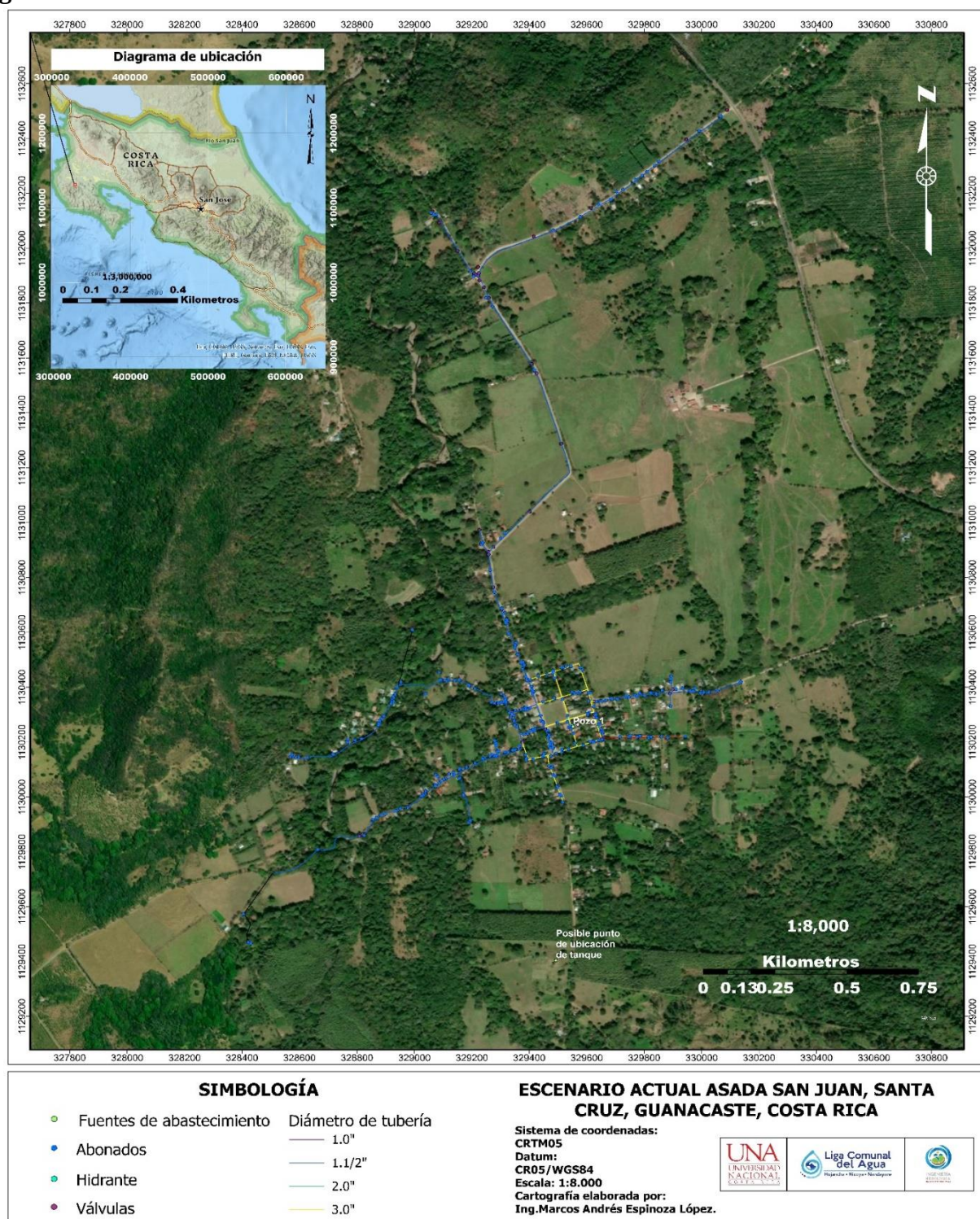


	EUGENIO CABALCETA VASQUEZ	2173	2189	2209	2396	2406
258	IVANIA CABALCETA VEGA	373	379	383	388	393
260	BENITO CABALCETA VASQUEZ	896	901	946	968	989
261	ROSMERY CABALCETA VEGA (FRANK)	368	368	392	390	400
262	BENITO CABALCETA VASQUEZ	68	94	119	139	159
263	ARMANDO CABALCETA VEGA	2689	2710	2716	2758	2782
264	HELLEN CABALCETA VEGA	330	351	377	381	410
265	ROSEMARY CABALCETA VEGA	3193	3210	3279	3250	3268
266	ROLANDO CABALCETA JIMENEZ	522	529	603	610	677
267	YENCY GRUALBA DIAZ	204	248	235	249	266
268	NARCISA CABALCETA VASQUEZ	2136	2248	2765	2725	2787
269	ROGER GRUALBA BALTODANO	4086	4107	4176	4130	4143
270	GUISELLE RUIZ DIAZ	2519	2551	2590	2624	2654
271	ISIDRO ABARCA MORA	732	744	764	781	794
272	NARCISA CABALCETA VASQUEZ	667	688	705	707	709
273	ANA DIAZ RODRIGUEZ	5764	5790	5820	5848	5854
274	ELIETH RUIZ DIAZ	340	345	347	348	349
275	ANTONIO CABALCETA VASQUEZ	4	4	4	4	4
276	JAVIER LOPEZ BRIONES	2971	3001	3038	3060	3099
277	ALVARO SALAS NAVARRO	5098	5105	5112	5119	5126
278	DIMAS RODRIGUEZ AVILES	1732	1745	1757	1758	1779
279	BETTY DE LA O VALERIN	4136	4261	4290	4294	4235
280	ANTONIO CABALCETA BARRANTES	3481	3501	3528	3553	3622
281	CLAUDIA NUÑEZ MORA	1431	1446	1459	1472	1485
282	FRECIA CABALCETA CASCANTE	1278	1279	1302	1314	1325
283	SOLANYI CABALCETA CASCANTE	3681	3725	3783	3818	3856
284	IVETH BRICEÑO RUIZ	3461	3471	3488	3526	3532
285	CRISPIN BRICEÑO MORALES	1055	1064	1074	1083	1093
286	FRANCISCO BRICEÑO RUIZ	4493	4522	4573	4602	4633
287	IRIS BARRANTES CUBILLO	323	329	325	326	327

Fuente: Propia (2021).

Para poder definir los datos exactos de los usuarios la visita de campo se planificó en días en los cuales el fontanero se encontraba realizando lecturas de medidores, por medio de esto fue posible observar el comportamiento de consumo de ese mes en específico, de esta manera es posible tener una idea del consumo promedio de los usuarios de manera mensual.

Figura 11. Sistema actual de la ASADA de San Juan.



Fuente: Propia (2021)

Actualmente el sistema del acueducto de San Juan de Santa Cruz presenta condiciones adversas en cuanto al almacenamiento y al diámetro en las tuberías, ya que estas últimas se encuentran en 1" (25mm), 1.1/2" (37.5 mm), 2" (50 mm) y 3" (100mm), incumpliendo con lo establecido en la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, establecida por el Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados (2017), ya que esta indica que los diámetros mínimos admisibles son 4" en red principal y 3" en redes secundarias.

6.4 Validación en campo.

Para tener seguridad de los datos obtenidos por medio del modelaje hidráulico realizado mediante la herramienta EPANET es necesario y de suma importancia la validación en campo de esta información, ya que esto representará la obtención de resultados cercanos a la realidad o bien resultados con poco sentido, es por esta razón que el 25 de noviembre del año 2021 se realizaron las mediciones de presión en los siguientes puntos:

Cuadro 10. Datos obtenidos mediante el muestreo realizado en campo.

# punto GPS	Abonado	Presión registrada (m.c.a)
1289	Laura Fernández	48
1290	Saul Briceño	50
1291	Damaris Peraza	35
1292	Jose Luis Gutiérrez	16
1293	Carlos Enrique Briceño	11
1294	Rafa Castillo	14
1295	Anabel Castillo	10
1296	Anatolia Gutiérrez	0
1297	Omar Gutiérrez	10
1298	Amado Briceño	15
1299	Benigno Gutiérrez	11
1300	Javier López	35
1301	Oficina de la ASADA	11

Fuente: Propia (2021)

Figura 12. Validación en campo de presiones de operación.



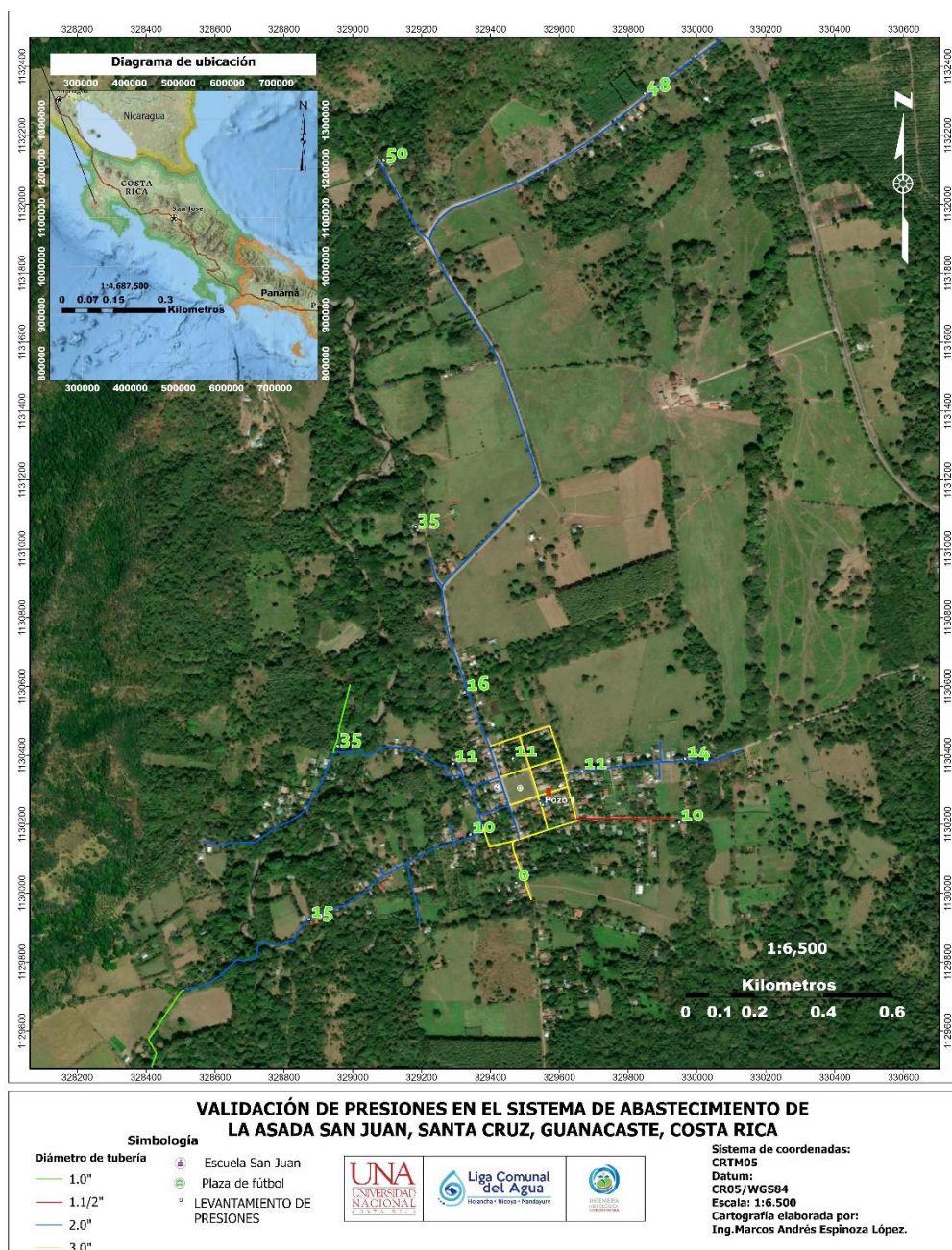
Fuente: Propia (2021)

Gracias a la colaboración del ingeniero de la Liga Comunal del Agua, Jesús Alberto Montero Prendas y el fontanero de la ASADA, Antonio José Gutiérrez fue posible realizar el levantamiento de información, mediante la cual se realizaron 13 mediciones de presión, esto mediante la utilización de un manómetro de glicerina con manguera, obteniendo los

resultados presentes en el cuadro 10, según los datos en campo y los datos obtenidos por medio del modelaje es posible apreciar que la diferencia es muy despreciable por lo cual se da como aprobada la modelación hidráulica.

A continuación, será posible observar la distribución de la toma de datos en campo.

Figura 13. Datos de presiones obtenidos en campo.



Fuente: Propia (2021).

6.5 Propuesta de mejora.

Según lo obtenido por medio del diagnóstico de la situación actual de Acueducto de San Juan de Santa Cruz, se procederá a realizar dos propuestas de mejora, las cuales estarán basadas en mejorar las falencias que posee actualmente el sistema de agua potable.

La ASADA de San Juan de Santa Cruz como se mostró anteriormente muestra un déficit de almacenamiento severo, ya que requiere de al menos 79.52 metros cúbicos de almacenamiento adicional al que ya poseen.

Debido a que la ubicación en la cual se encuentra el tanque de almacenamiento actual no es la ideal, esto debido a su bajo nivel altitudinal se cuenta con dos opciones.

Realizar la construcción de un tanque elevado de al menos 100.000 L con una altura igual o mayor a 15 metros sobre el nivel del suelo, teniendo este tanque un costo sumamente elevado.

O bien, buscar terrenos que muestren condiciones adecuadas como elevación, área necesaria para la colocación del tanque o de los tanques, viabilidad en la parte económica, disposición del propietario a negociar por los terrenos del tanque y la servidumbre de paso.

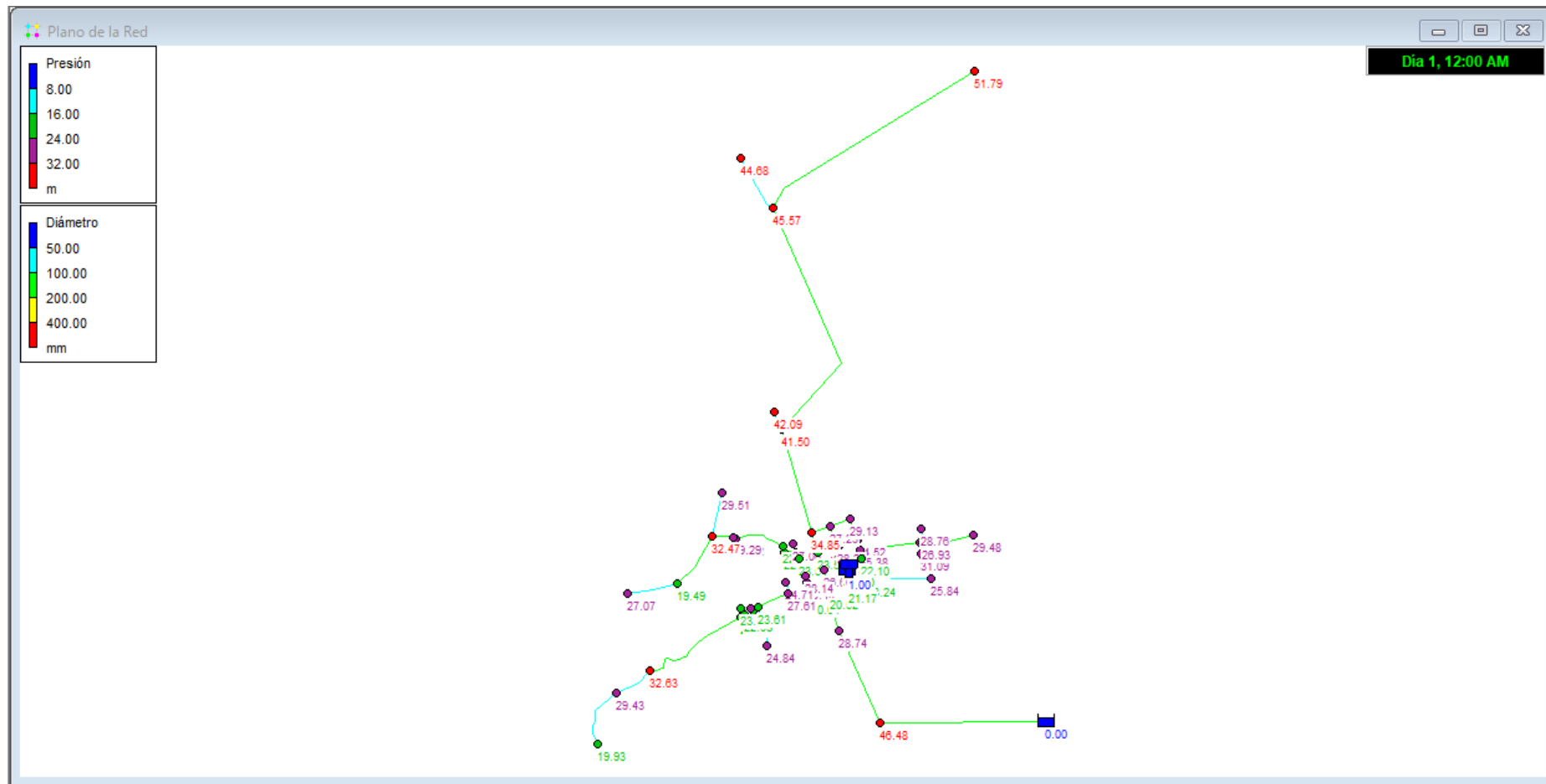
Figura 14. Propuesta 1 de ubicación para la colocación del sistema de almacenamiento.



Fuente: Propia (2021).

En la figura anterior se puede observar la propuesta número uno de la posible ubicación del sistema de almacenamiento, este es un terreno empinado con aproximadamente 220 msnm, esta muestra características muy favorables para la colocación del sistema, ya que con este se podría obtener un aumento en las presiones de las tuberías gracias a la fuerza gravitatoria.

Figura 15. Modelaje hidráulico con respecto a la propuesta número uno.



Fuente: Propia (2021).

Como se puede observar en la figura anterior, tomando como referencia el sitio 1, se obtiene como resultado un modelaje del sistema en el cual, según la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Saneamiento y Pluvial, (2017) se encuentran dentro del rango, ya que este establece una presión dinámica mínima de 10 m.c.a en zonas muy llanas y recomienda una presión mínima de 15 m.c.a. En condición estática se deberán evitar presiones superiores a los 60 m.c.a en condiciones normales y 75 m.c.a en terrenos muy quebrados y como se puede verificar por medio del modelo las presiones en todos los puntos se mantendrían dentro del rango sugerido.

A pesar de que las condiciones mostradas por el sitio se muestran ideales para llevar a cabo este proyecto, la viabilidad económica se vería comprometida, ya que se deberá de realizar la inversión en tubería de 3" (75mm) y de 4" (100mm) por aproximadamente un kilómetro más con respecto a la propuesta dos.

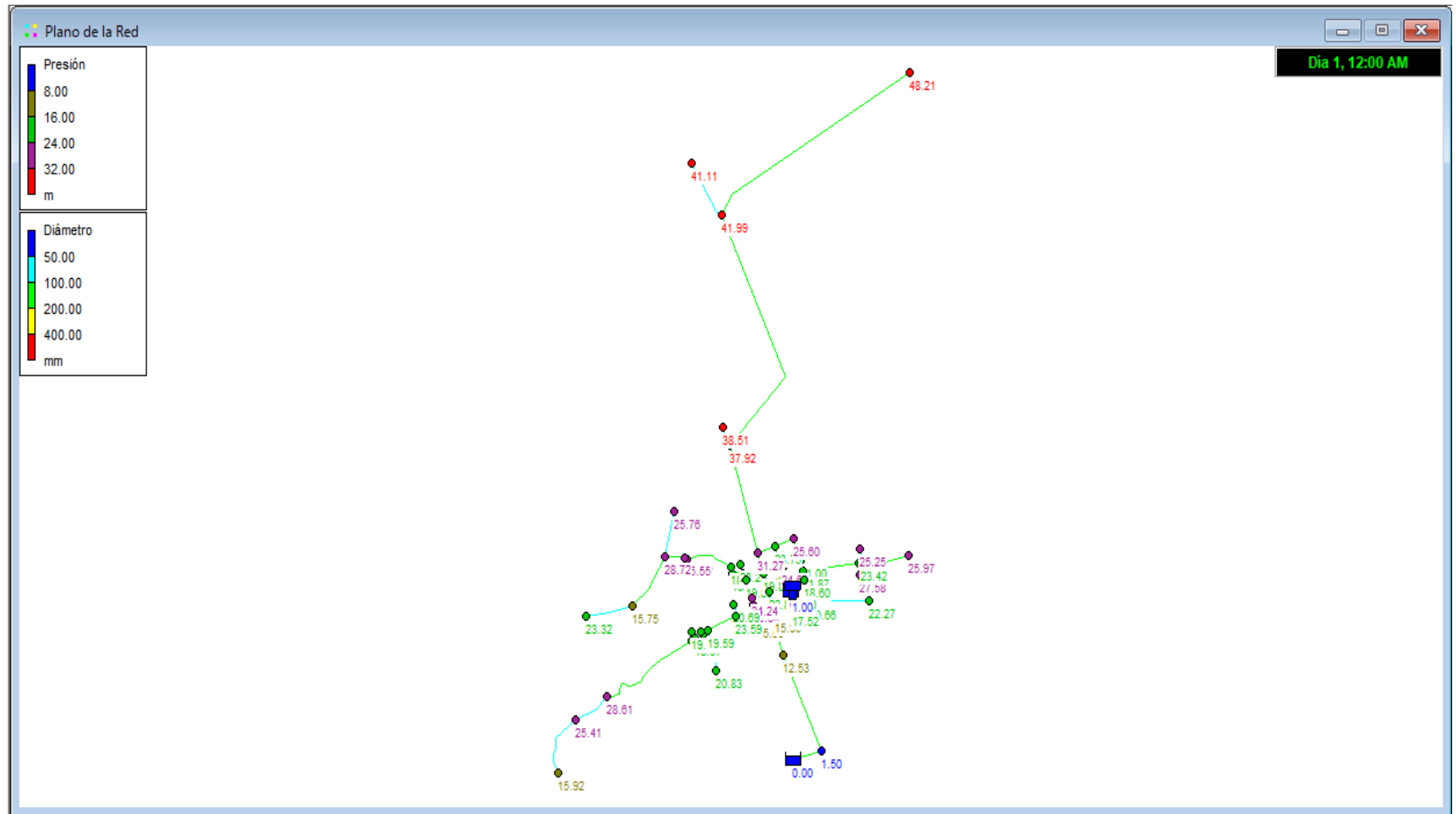
Figura 16. Propuesta 2 de ubicación para la colocación del sistema de almacenamiento.



Fuente: Propia (2021).

Como posible opción numero dos tenemos la que se observa en la figura anterior, este sitio se encuentra muy cercado al sitio 1 sin embargo, esta muestra una altura de 128 msnm, teniendo una altura significativamente menor a la del punto número uno, sin embargo, este sitio es el que muestra más factibilidad económica, ya que se maneja la opción de una posible donación del terreno.

Figura 17. Modelaje hidráulico con respecto a la propuesta número dos.



Fuente: Propia (2021).

Tal como se aprecia en el modelo anterior las presiones en el sistema se encontrarían dentro del rango admisible de los 10 m.c.a a los 75 m.c.a, es posible apreciar que en un sector tendremos una presión de 12.53 m.c.a, la cual se encuentra muy limitada ya que esta representa una de las zonas más planas de la comunidad de San Juan, también es importante mencionar que esta zona se encuentra muy cercana a la ubicación del tanque, lo que nos permite comprender de que en primera instancia la tubería se debe llenar en su totalidad para que este sector pueda recibir el servicio de agua potable, por lo que será entendible que se obtenga una menor presión en la zona, esto debido a las pérdidas por fricción en la tubería.

6.3.1 Determinar mejoras con respecto a los resultados obtenidos.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el desarrollo del presente proyecto, se determinaron dos puntos de intervención primordiales.

En primer instancia tenemos el almacenamiento, punto que deberá ser atendido con brevedad ya que este representa un problema para todos los usuarios la ASADA, ya que en muchas ocasiones el servicio de agua potable se ve interrumpido, causando molestia en la población, debido a esto la ASADA de San Juan no puede girar cartas de disponibilidad, ya que con el volumen de almacenamiento actual no puede suplir las necesidades de la población actual, es por esta razón que el crecimiento poblacional no puede seguir progresando.

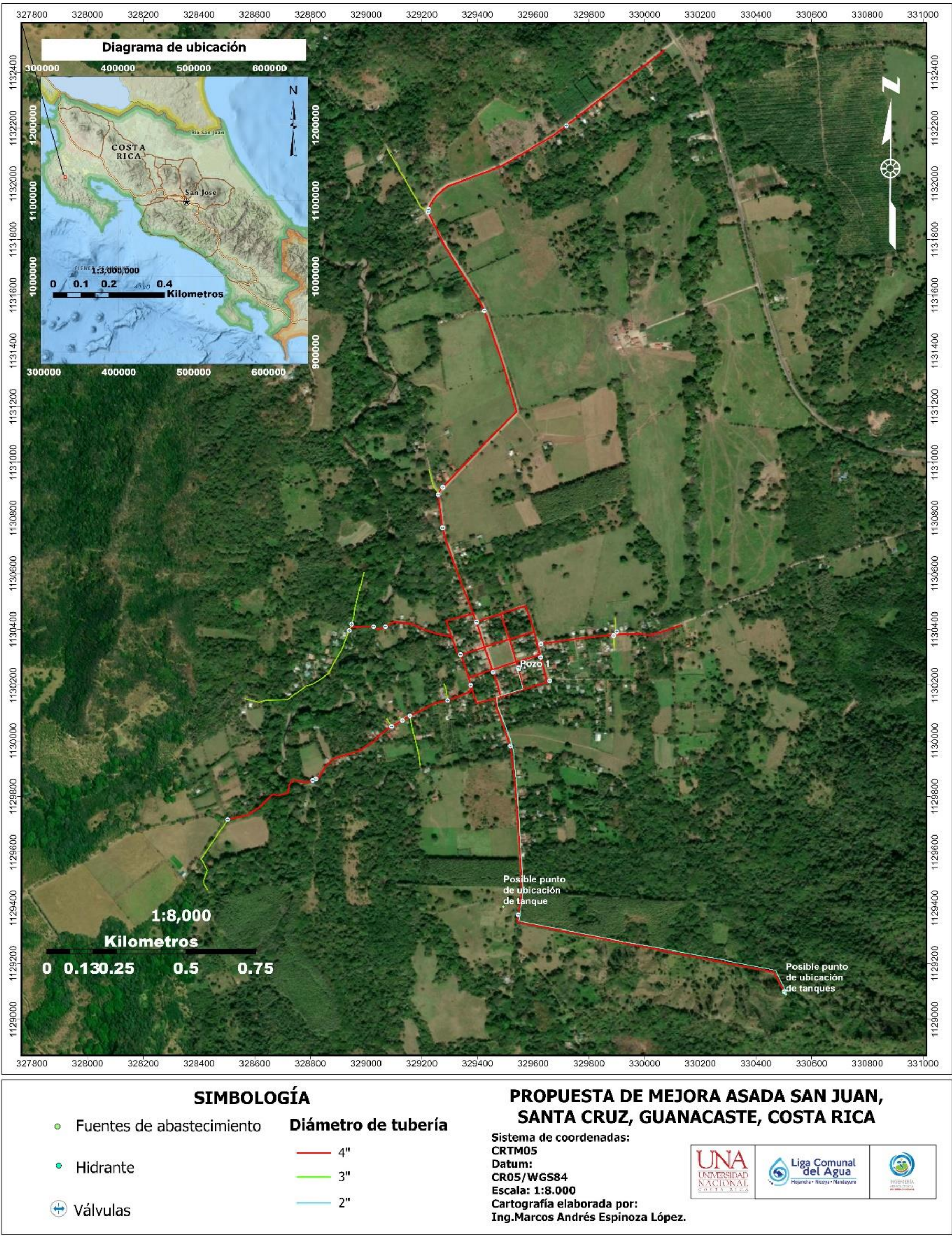
Como segundo punto a considerar se tienen las tuberías, este acueducto actualmente cuenta con tuberías muy por debajo de los requerido según la Norma Técnica del AyA y según lo establecido por los Bomberos, ya que se requiere de tener la tubería principal en 4”

(100mm) y los ramales secundarios en 3" (75mm), por lo que será necesario realizar el cambio de forma paulatina, ya que la inversión para realizar este cambio es sustancial.

Gran parte de la tubería principal, la cual debe estar en al menos 4" (100mm) actualmente se encuentra en 2" (50mm) impidiendo esto la colocación de hidrantes en la comunidad, aspecto preocupante para la seguridad comunal.

6.3.2 Propuestas de infraestructura.

Figura 18. Propuesta 1 de mejora del acueducto.



Fuente: Propia (2021).

Figura 19. Estimación del costo aproximado en tubería para propuesta 1.

Dirección: Hojancha, Guanacaste.
Teléfono: +(506) 8436-7513/8789-7249
Fax: +(506) 8789-7249
Correo: riegosdelfuturojyg@gmail.com

RIEGOS DEL FUTURO J & G SOCIEDAD ANONIMA

RIEGOS DEL FUTURO J & G SOCIEDAD ANONIMA

Ident. Jurídica: 3-101-805604

Receptor MARCOS ESPINOZA LOPEZ

Ident. :

Teléfono: +(0)0

Correo: mespinozalopez97@gmail.com

Proforma N° 283

Clave Numérica:

Fecha de Emisión: 16/02/2022 10:39 a.m.

Fecha de Vencimiento: 16/02/2022

Condición Venta: Contado

Dirección:

Medio de Pago: Transferencia-Depósito Bancario

3632002039 900	311.00	Unidad	TUBO PVC100MM(4")X6M SDR 26 CE	29,800.00	0.00	9.267.800,00	1,204,814.00
3632002039 900	339.00	Unidad	TUBO PVC100MM(4")X6M SDR 26 CC	20,000.00	0.00	6.780.000,00	881,400.00

Notas: RIEGOS DEL FUTURO J Y G S.A.

Cuenta Banco Nacional: 200-01-083-011218-9

Cuenta Cliente: 15108320010112181

Cuenta IBAN: CR81015108320010112181

Subtotal Neto ₡ 16,047,800.00

Total Impuesto ₡2,086,214.00

Total Proforma: ₡ 18,134,014.00

DIECIOCHO MILLONES CIENTO TREINTA Y CUATRO MIL
CATORCE COLONES.

Código Único de Consulta:

Consulta en www.facturaelectronica.cr

Autorizado mediante la resolución DGT-R-033-2019 del veinte de junio de dos mil diecinueve de la Dirección General de Tributación.

Generada por GTI , www.facturaelectronica.cr

Versión del Documento Electrónico: 4.3

Página 1 de 1

Fuente: Riegos del Futuro JyG S.A (2022).

Figura 21. Estimación del costo aproximado en tubería para propuesta 1.



Dirección: Hojancha, Guanacaste.
Teléfono: +(506) 8436-7513/8789-7249
Fax: +(506) 8789-7249
Correo: riegosdelfuturojyg@gmail.com

RIEGOS DEL FUTURO J & G SOCIEDAD ANONIMA

RIEGOS DEL FUTURO J & G SOCIEDAD ANONIMA
Ident. Jurídica: 3-101-805604

Receptor **MARCOS ESPINOZA LÓPEZ**
Ident. :
Teléfono: +(0)0
Correo: mespinozalopez97@gmail.com

Proforma N° 281
Clave Numérica:

Fecha de Emisión: 16/02/2022 8:53 a.m.
Fecha de Vencimiento: 16/02/2022
Condición Venta: Contado

Dirección:

Medio de Pago: Transferencia-Depósito Bancario

3632002039 900	165.00	Unidad	TUBO PVC 75MM(3")X6M SDR 26 CE	20,000.00	0.00	3.300.000,00	429,000.00
3632002039 900	125.00	Unidad	TUBO PVC 100MM(4")X6M SDR 26 CC	29,800.00	0.00	3.725.000,00	484,250.00

Notas: RIEGOS DEL FUTURO J Y G S.A.
Cuenta Banco Nacional: 200-01-083-011218-9
Cuenta Cliente: 15108320010112181
Cuenta IBAN: CR81015108320010112181

Subtotal Neto **¢ 7,025,000.00**
Total Impuesto **¢913 250,00**

Total Proforma: ¢ 7,938,250.00

SIETE MILLONES NOVECIENTOS TREINTA Y OCHO MIL DOSCIENTOS CINCUENTA COLONES.

Código Único de Consulta:
Consulta en www.facturaelectronica.cr

Autorizado mediante la resolución DGT-R-033-2019 del veinte de junio de dos mil diecinueve de la Dirección General de Tributación.
Generada por GTI , www.facturaelectronica.cr
Versión del Documento Electrónico: 4.3

Página 1 de 1



Fuente: Riegos del Futuro JyG S.A (2022).

Cabe recalcar que estas ofertas representan únicamente una estimación del posible costo de la tubería necesaria, por lo cual no deberá tomarse como el costo oficial de la ampliación del proyecto, esto debido a que no se están contemplando factores importantes como horas maquinaria, mano de obra, imprevistos entre otros.

Como se aprecia en la figura 18 se propone una sustitución de la totalidad de la tubería de la ASADA, esto en busque de cumplir con lo establecido en la Norma Técnica del AyA, la gran mayoría de la tubería debe ser sustituida por tubería de 4" ya que gran parte de la comunidad de San Juan se encuentra poblada y según lo establecido en el Reglamento a la Ley de Hidrantes 8641:

Artículo 6: Interconexión a la red de abastecimiento de agua.

Toda la interconexión de un hidrante a la red de abastecimiento de agua se debe realizar a una tubería con un diámetro nominal igual o mayor a 100 milímetros.

También es importante mencionar que según la Ley de Hidrantes 8641 en su Artículo 7 se indica qué: "Ubicación y presión residual de los hidrantes. La presión residual de cada hidrante será de 1.41 kg/cm² conforme a la norma 291 NFPA de la Asociación de Protección contra Incendios Norteamericana y la distancia lineal entre hidrantes será de 180 metros, excepto en la zona rural, en donde el ente operador del sistema del acueducto coordinará con Bomberos de Costa Rica, los diferentes lugares estratégicos de ubicación de los hidrantes, los que deben cumplir condiciones hidráulicas especiales

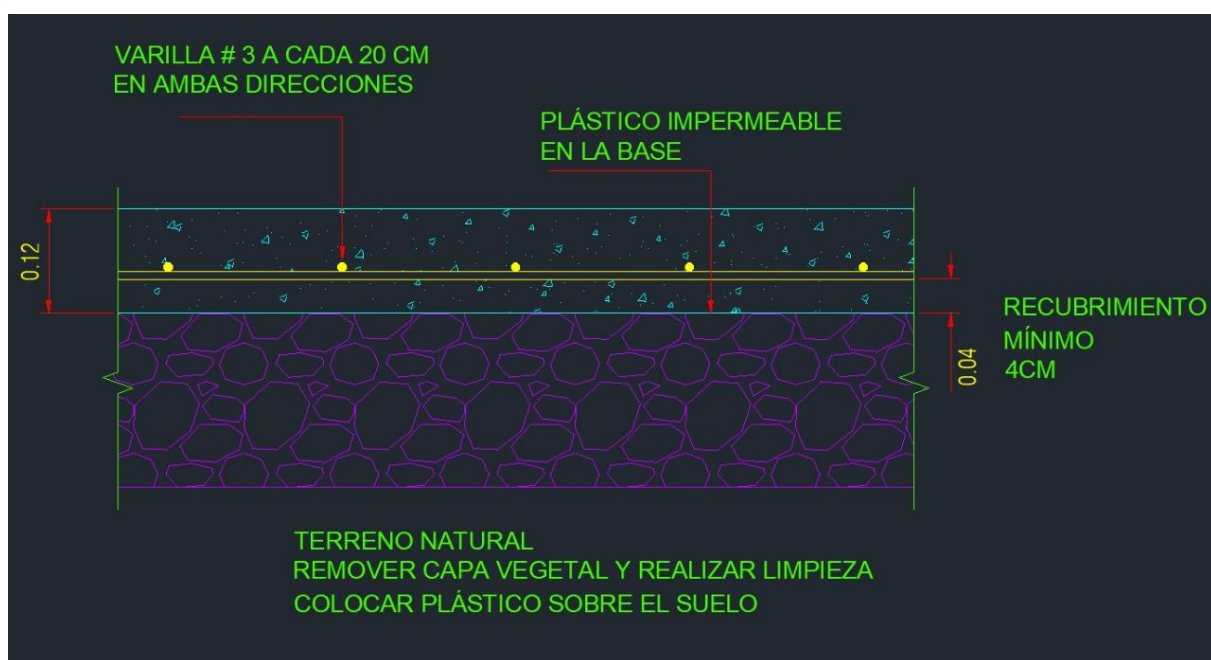
Como medida para subsanar el problema de almacenamiento se plantea la compra e instalación de 4 tanques tipo PEAD de 22.000 litros, colocados en un sistema en paralelo que permita se utilizados como un único tanque de almacenamiento, estos deben ser colocado en una losa de concreto de al menos 15 cm de espesor, con varilla número 3 a cada 20 cm.

Cuadro 11. Capacidades de tanques Rotoplas

Descripción	Altura (m)	Diámetro (m)	Placa (m)	Ø Tapa “C” (m)
TAN-6.000	2.05	2.22	0.20	0.45
TAN-15.000	2.50	3.02	0.20	0.45
TAN-22.000	3.52	3.00	0.20	0.45
TAN-25.000	3.90	3.00	0.20	0.45

Fuente: Rotoplas (2021).

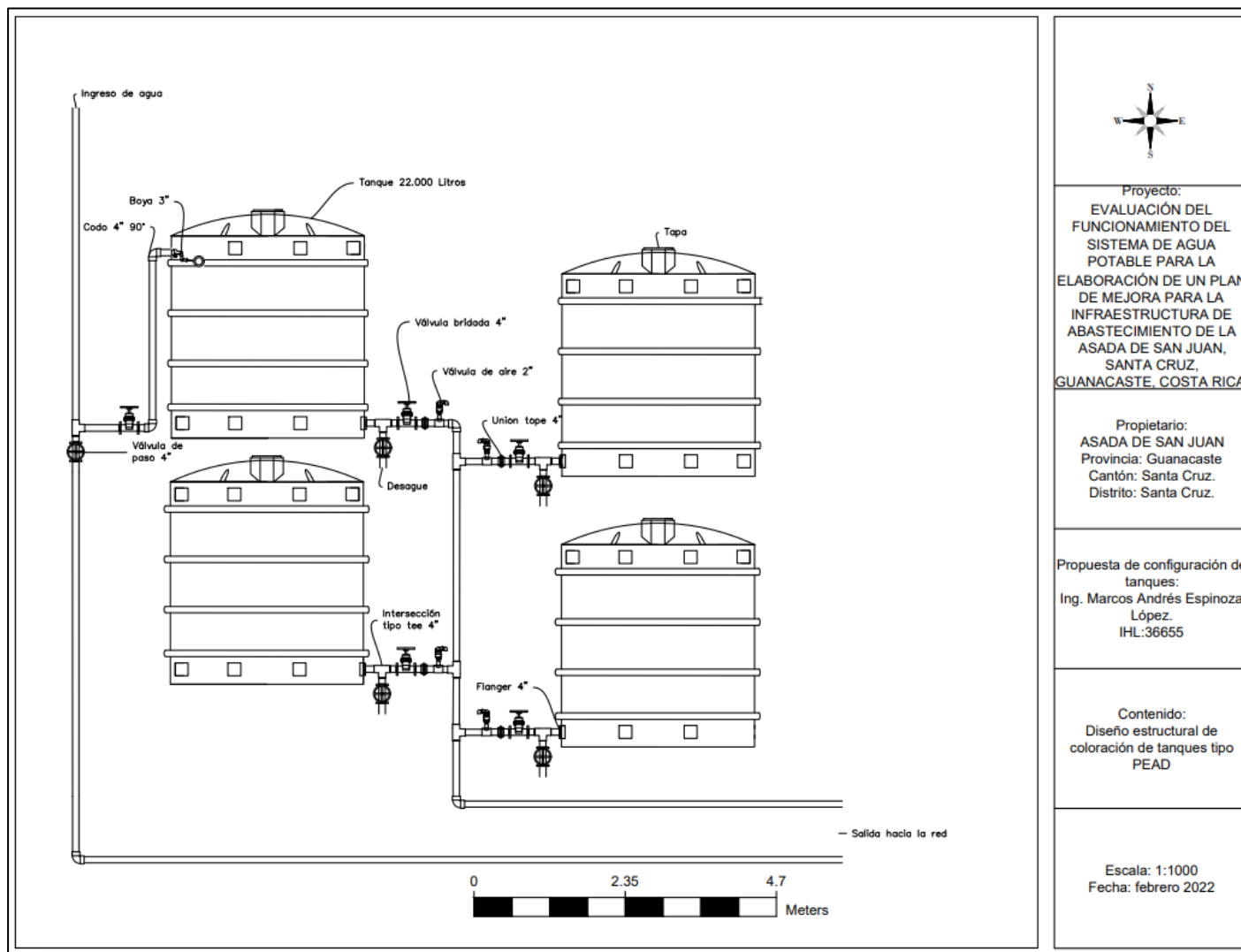
Figura 22. Diseño de la losa de concreto.



Fuente: Rodríguez. L (2021).

Debido a las características de los tanques de almacenamiento tipo PEAD de 22 m³ será necesario que la losa de concreto posea un área mínima de 11m x 11m o 121 m², previendo de esta manera cubrir el espacio necesario para la colocación de los 4 tanques, así como 1 metro de acera, la cual permitirá realizar trabajos dentro de la superficie de la losa, sin embargo, estas medidas pueden variar, esto si es tendiendo al aumento.

Figura 23. Propuesta de configuración de tanques de almacenamiento.



Fuente: Propia (2022).

Debido a la gran inversión que representa la puesta en marcha del presente proyecto para la ASADA de San Juan y según sus condiciones financieras actuales se plantea la colocación de cuatro tanques de 22 metros cúbicos (figura 18) estos funcionando como un circuito en paralelo, este sistema está compuesto por tubería de entrada en 100 mm (4”), para el ingreso del agua se presentan dos posibles situaciones, en primer lugar el ingreso a la batería de tanques o bien un sistema constante que permita el ingreso del agua directamente desde la impulsión hasta la tubería de distribución, se presentan estas dos posibilidades esto previniendo un posible fallo en el sistema de tanques de almacenamiento.

El sistema de tanques de almacenamiento se compone de una válvula bridada de 100 mm (4”), esta válvula se propone con manubrio ya que esta representa una opción con mayor facilidad de manipulación para el fontanero, posteriormente se presenta el ingreso del agua al tanque número 1, debido a que todos los tanques se encontrarán al mismo nivel y sus entradas de agua se encuentran ubicadas en la parte baja, se presentará el llenado de los 4 tanques al mismo tiempo, esto posterior al llenado completo de la red de distribución, para poder realizar el cierre del sistema en el momento en que los tanques lleguen a su nivel máximo se cuenta con un sistema de cierre, el cuál consta de una boya o válvula flotador de bronce de 75 mm (3”), adicionalmente se plantea la colocación de dos válvulas bridadas adicionales para cada uno de los tanques, estas con el fin de poder brindar una sistema de limpieza, en el cuál permita el lavado de los tanques sin el riesgo de contaminación, también como es posible observar en la figura anterior se plantea la colocación de una unión de tope, la cual permitirá en dado caso de una avería de alguno de los tanques poder sacarlo de operación sin afectar el funcionamiento de los demás tanques, por último se plantea colocar

válvulas liberadoras de aire o triple efecto, ya que estas permiten la liberación de aire, el cuál podría representar un factor que impida el paso del agua en el sistema de distribución.

Figura 24. Estimación del costo aproximado de la colocación del sistema de almacenamiento.



RIEGOS DEL FUTURO J & G SOCIEDAD ANONIMA

RIEGOS DEL FUTURO J & G SOCIEDAD ANONIMA
Ident. Jurídica: 3-101-805604

Dirección: Hojancha, Guanacaste.
Teléfono: +(506) 8436-7513/8789-7249
Fax: +(506) 8789-7249
Correo: riegosdelfuturojyg@gmail.com

Receptor MARCOS ESPINOZA LÓPEZ
Ident. :
Teléfono: +(0)0
Correo: mespinozalopez97@gmail.com

Proforma N° 280
Clave Numérica:

Dirección:

Fecha de Emisión: 16/02/2022 8:36 a.m.
Fecha de Vencimiento: 16/02/2022
Condición Venta: Contado

Medio de Pago: Transferencia-Depósito Bancario

3632002039 900	4.00	Unidad	TANQUE TIPO PEAD 22.000 L	2,000,000.00	0.00	8,000,000.00	1,040,000.00
4324002020 000	10.00	Unidad	VALVULA DE COMPUERTA BRIDADA	120,000.00	0.00	1,200,000.00	156,000.00
1	5.00	Unidad	CODO PVC 90° 4" (100MM)	5,000.00	0.00	25,000.00	3,250.00
1	8.00	Unidad	INTERSECCIÓN TIPO TEE 4" (100MM)	5,000.00	0.00	40,000.00	5,200.00
1	4.00	Unidad	VALVULA DE AIRE 2" (50MM)	30,000.00	0.00	120,000.00	15,600.00
1	4.00	Unidad	UNION DE TOPE 4" (100MM)	25,000.00	0.00	100,000.00	13,000.00
1	8.00	Unidad	TUBO PVC 4" (100MM) CC	29,800.00	0.00	238,400.00	30,992.00

Notas: RIEGOS DEL FUTURO J Y G S.A.
Cuenta Banco Nacional: 200-01-083-011218-9
Cuenta Cliente: 15108320010112181
Cuenta IBAN: CR81015108320010112181

Subtotal Neto **¢ 9,723,400.00**
Total Impuesto **¢ 1 264 042.00**

Total Proforma: ¢ 10,987,442.00

DIEZ MILLONES NOVECIENTOS OCHENTA Y SIETE MIL
CUATROCIENTOS CUARENTA Y DOS COLONES.

Código Único de Consulta:
Consulta en www.facturaelectronica.cr

Autorizado mediante la resolución DGT-R-033-2019 del veinte de junio de dos mil diecinueve de la Dirección General de Tributación.
Generada por GTI , www.facturaelectronica.cr
Versión del Documento Electrónico: 4.3



Página 1 de 1

Fuente: Riegos del Futuro JyG S.A (2022).

Cabe recalcar que esta estimación de costos no contempla la colocación de la losa de concreto, por lo que este costo tendrá que ser adicionado en conjunto con el precio del conjunto de tanques tipo PEAD y todos sus accesorios.

CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones

Por medio del análisis realizado durante la ejecución del presente proyecto se lograron determinar distintos puntos de mejora en el sistema de abastecimiento de la ASADA de San Juan de Santa Cruz, dentro de los que se puede mencionar; déficit en el almacenamiento, teniendo una ausencia de 79.52 metros cúbicos o 79 520 litros, diámetros de la red de distribución por debajo de lo establecido en la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, establecida por el Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados (2017), la cual indica que los ramales principales deben contar con un diámetro nominal de al menos 4" o 100mm, mientras que los ramales secundarios o ramales en calles sin salidas deben poseer un diámetro mínimo de 3" o 75mm, siendo este un aspecto que no se cumple en la comunidad de San Juan, ya que se cuentan con diámetros de 1" o 25mm, 1.1/2" o 38mm, 2" o 50mm y 3" o 75mm, estando ausente la tubería de 4".

Según lo observado en los trabajos de campo fue posible apreciar que tuberías de distribución poseen ubicaciones inadecuadas, ya que pasan por terrenos privados, mostrando esto un inconveniente para detectar fugas o algún otro tipo de anomalías en la red.

Mediante el balance de aguas realizado se logró determinar que la ASADA de San Juan de Santa Cruz aún cuenta con un excedente de 1.88 l/s, caudal que puede ser utilizado para brindar más disponibilidades, sin embargo, según la dinámica de crecimiento que se ha podido percibir durante el periodo de análisis para la elaboración del presente proyecto es posible que este caudal sea cubierto rápidamente.

Actualmente la ASADA de San Juan de Santa Cruz no cuenta con una prueba de bombeo de 72 horas tal y como lo establece Acueductos y Alcantarillados, por lo cual el dato de 6.12 l/s que proporciona de caudal el pozo es posible que no sea del todo real ya que mediante aforos volumétricos no es posible estresar debidamente el manto acuífero, por lo cual este dato de caudal podría variar.

Gracias a los resultados obtenidos es posible concluir que se cumplieron los objetivos planteados en el presente proyecto, ya que se logró determinar el estado actual del acueducto, se identificaron las posibles fallencias y mediante estos resultados se plantean dos posibles procesos de mejora.

Recomendaciones

Se recomienda realizar una prueba de bombeo de 72 horas continuas con el fin de conocer el comportamiento del manto acuífero del cual se alimenta el pozo de la ASADA, ya que actualmente no se cuenta con el conocimiento de las condiciones reales de este, de la misma manera por medio de este estudio se pretenderá determinar el posible aumento de caballaje de la bomba, ya que según la propuesta realizada será necesario poder levantar una columna de agua mucho mayor a la actual, por lo que se necesitará una bamba de mayor potencial.

Es recomendable realizar el cambio de la tubería de distribución, esto de manera paulatina, con el fin de tener un impacto leve en la población cuando estos cambios se estén realizando.

Se recomienda evaluar las dos opciones propuestas hoy en día, de sitios donde recomendados para la ubicación de cuatro tanques PEAD de 22 metros cúbicos, ya que esta problemática requiere una pronta intervención.

Se recomienda colorar válvulas reguladoras de presión en la parte norte del acueducto, esto con el fin de disminuir las altas presiones presentes en este sector.

Es importante poder cambiar el sistema de cloración, ya que el actual presenta condiciones adversas y se podría incurrir en una contaminación del manto acuífero.

BIBLIOGRAFÍA

Barrantes, U. (2021). *Relato de la historia de la fundación de la ASADA* [entrevista realizada por Marcos Andrés Espinoza López] 12 de junio 2021.

Bruni, M. & Spuhler, D., (2020). *Bombeo de agua motorizado*. Recuperado de: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/distribucion/bombeo-de-agua-motorizado>. (Consultado 4 junio 2021).

Casado, A. *et al.* (2010) ‘Evaluación de la calidad de modelos digitales de elevación derivados de curvas de nivel para aplicaciones hidrológicas’, in, pp. 102–116.

Centro de Información de Recursos Naturales, (2021). *Curvas de nivel*. Disponible en: <https://www.ciren.cl/productos/curvas-de-nivel/> [Último acceso: 12 junio 2021].

Fernández, M. M. (2020) ‘Estado de la Región Huetar Caribe 2020’, p. 25.

Hamui-Sutton, A. (2013) ‘*Un acercamiento a los métodos mixtos de investigación en educación médica*’, *Investigación en Educación Médica*, 2(8), pp. 211–216. doi: [https://doi.org/10.1016/S2007-5057\(13\)72714-5](https://doi.org/10.1016/S2007-5057(13)72714-5).

Hernández-Ulate, A. (2013) ‘Huella hídrica en tierras secas: el caso del turismo de sol y playa en Guanacaste (Costa Rica)’, *Revista Ambientales*, 45, pp. 41–50.

Hispagua (2021). *Hidrogeología*. Recuperado de: <https://hispagua.cedex.es/datos/hidrogeologia> (Consultado: 1 junio 2021).

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2021). *MODIFICACIÓN INTEGRAL AL REGLAMENTO PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE* AyA, p. 14.

Instituto de Fomento y Asesoría Municipal. (2021). *Reseña histórica del cantón de Santa Cruz, Guanacaste Costa Rica.*

Laufer, M. (2019) 'RELACIÓN COSTO/BENEFICIO DE LA PUBLICACIÓN CIENTÍFICA', *Interciencia*, 44(6), p. 315

López Jiménez, A., Martínez Solano, J., Lopez Patiño, G., & Pérez García, R. (2003). Curso de estaciones de bombeo en hidráulica (Primera; Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos (GMMF), Ed.). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Ministerio de Agricultura y Ganadería, Región Chorotega, (2007). *Plan Estratégico para el desarrollo de la agrocadena de la ganadería bovina de carne en la Región Chorotega*, p. 10.

Monge, E., Paz, L., & Ovares, C. (2013). Manual para las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ASADAS) de Costa Rica. Costa Rica. Tomado de [https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Manual para las ASADAS-Cedarena-Transparencia y Rendición de Cuentas. pdf](https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Manual%20para%20las%20ASADAS-Cedarena-Transparencia%20y%20Rendici3n%20de%20Cuentas.pdf).

Morales-Zúñiga, L. (2009). *Santa Cruz de Guanacaste: cultura local, turismo y globalización*, p.142-144

Murillo, W. (2008). *La investigación científica*. Consultado el 18 de abril de 2008 de <http://www.monografias.com/trabajos15/invest-científica/investcientífica.shtm>

Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Saneamiento y Pluvial, (2017). Asociación costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Costa Rica.

O'neal Coto, K. (2019). Costa Rica enfrentó 134 conflictos por el agua en una década. Obtenido de ucr.ac.cr: <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2019/03/27/costa-rica-enfrento-134-conflictos-por-el-agua-en-una-decada.html>

Paucar, E., (2019). Manual de AutoCAD Civil 3D 2020. En: *AutoCAD Civil 3D*. s.l.:TOPOPERU'ING S.A.C., p. 74.

Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (2014). Preparación y evaluación de proyectos. Mc Graw Hill Interamericana.

Science for a Changing World. (s.f). "Springs and the Water Cycle". USGS [En línea]. Recuperado de: https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/springs-and-water-cycle?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects (Consultado: 31 mayo 2021)

Siu, J. (26 de mayo 2015) "El indeseado desarrollo de Santa Cruz, Guanacaste" ElPaís.cr. En: <https://www.elpais.cr/2015/05/26/el-indeseado-desarrollo-de-santa-cruz-guanacaste/>

Subgerencia Gestión de Sistemas Comunes (AyA). (2015). *Glosario Formulario Unificado*. (p.5).

UCR (2021) 'Microsoft Excel – Academia de Tecnología'. Disponible en:
<http://academiatecnologia.ucr.ac.cr/microsoft-excel/> (Accessed: 13 June 2021).