

UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Propuesta para rediseñar el sistema abastecimiento de agua potable, de la ASADA Buena Vista de Cañas Dulces, Liberia, Guanacaste

Modalidad: Proyecto de graduación

Trabajo de graduación sometido a consideración del tribunal examinador de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Gestión Ambiental

Presentado por:
Ana Cristina Morales González
Yendry María Achío Morales

Heredia, mayo 2024

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

MSc. Ligia Hernando Echeverría, representante de la decanatura de la
Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

M.S.c Melissa Blandón Naranjo
Directora de la Escuela de Ciencias Ambientales

MSc. Clemens Ruepert
Tutor

Ing. Carlos Leiva Milano
Lector 1

MSc. Ivan Chavarría Villarreal
Lector 2

Yendry Achío Morales
Postulante

Ana Cristina Morales González
Postulante

DEDICATORIAS

Ana Cristina Morales González

Este esfuerzo intelectual se lo dedico con mucho cariño a mi más grande inspiradora, mi querida madre, Ana Mercedes González, quien siempre me apoyó y soñó con verme graduada como ingeniera. Ese era su mayor deseo. Antes de partir a descansar en brazos de Dios, me pidió que siguiera adelante. También lo dedico a mis amados hijos, Daniela y Mario quienes vivieron mi ausencia durante muchos momentos importantes de su vida. Con mucho cariño también, a mi amado padre, Mario Morales, siempre pendiente de mí y orgulloso de la persona que soy.

Yendry Achío Morales

Primero que todo, dedico este trabajo a Dios y a la Virgencita quienes nunca han dejado de guiarme. A mi madre Cecilia Morales, gran motivadora de mi vida, gracias a ella inicié este proceso educativo. Igualmente, a mis hijas, el principal motor de mi vida e inspiración, para ser mejor día a día. A mi hermana y hermano por elección Cris y Maxi, siempre presentes en las buenas y las malas. A mi hermana Pamela, ha sido mi apoyo en la culminación de este sueño y a toda mi familia quienes de una u otra manera han estado para mí y al cuidado de mis nenas.

A mi padre Raúl Achío, es y será siempre, mi mejor ejemplo por seguir e inspiración para ser una mujer luchadora. Gracias a todos ellos logré esta meta, han estado presente dándome su apoyo incondicional y amor sincero.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a Dios y a la Virgencita por mantenernos firmes y recordarnos siempre hasta dónde hemos llegado y a dónde queremos llegar; asimismo, al personal responsable de la ASADA Buena Vista por permitirnos realizar nuestro proyecto con ellos, trabajar con sus equipos, por la confianza y apoyo que nos brindaron.

También al ingeniero civil Carlos Leiva Milano, por su apoyo académico como lector durante todo este proceso, fue nuestro guía al compartir sus valiosos conocimientos y experiencia en el campo de la ingeniería civil.

Un agradecimiento especial a la profesora M.Sc. Viria Bravo por sus aportes y apoyo académico desde el primer taller para la realización del proyecto.

A nuestro tutor Profesor Clemens Ruepert quien siempre creyó en nosotras y nos orientó durante todo el proceso que conllevó el trabajo final de graduación.

Finalmente, agradecemos al M.Sc. Iván Chavarría por transmitirnos sus conocimientos en materia de acueductos, su amable guía y acompañamiento, y a cada una de las personas quienes de una u otra manera, colaboraron para la consecución de esta meta y culminar así nuestro TFG.

Tabla de contenido

RESUMEN.....	1
I INTRODUCCIÓN	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Problema de la investigación.....	7
1.2.1 Contexto Social	8
1.2.2 Contexto ambiental	9
1.2.3 Delimitación de tiempo y alcance	9
1.3 Justificación.....	10
1.4 Objetivos.....	12
1.4.1 Objetivo General	12
1.4.2 Objetivos Específicos.....	12
II MARCO TEORICO	13
2.1 Agua potable como derecho humano	13
2.2 Cambio climático en Guanacaste	14
2.3 Sistema de abastecimiento de agua potable.....	15
2.4 Niveles de control de calidad del agua y parámetros de análisis obligatorios	16
2.5 Guías para inspección de calidad de agua potable SERSA	18
2.6 Norma Técnica de Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua..	18
2.7 Legislación aplicable al manejo del recurso hídrico en Costa Rica	18
2.8 Balance hídrico	19
2.9 Demanda máxima diaria y horaria.....	20
III METODOLOGIA	22
3.1 Enfoque de la investigación.....	22
3.2 Alcance de la investigación	22
3.3 Diseño metodológico.....	23
3.4. Metodología aplicada	23

3.4.1 Fase 1. Diagnóstico del sistema de abastecimiento actual ASADA Buena Vista.....	23
3.4.2 Fase 2. Propuestas de mejora al sistema de abastecimiento de agua de Buena Vista	30
3.4.3 Fase 3. Elaboración del manual operativo de la ASADA Buena Vista.....	32
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1 Fase 1. Diagnóstico del sistema de abastecimiento actual ASADA Buena Vista.....	33
4.1.1 Evaluación y diagnóstico de los componentes del sistema	33
4.2 Fase 2. Propuestas de rediseño infraestructura del sistema de abastecimiento de agua	50
4.2.1 Captación.....	50
4.2.2 Red de conducción	51
4.2.3 Tanque de almacenamiento	51
4.2.4 Red de distribución.....	51
4.2.5 Sistema de desinfección	52
4.3 Fase 3. Manual de operación de la ASADA Buena Vista	52
V CONCLUSIONES.....	54
VI RECOMENDACIONES	56
VII BIBLIOGRAFIA	58
VIII APENDICES	63
Apéndice 1. Manual Operativo ASADA Buena Vista	63
Apéndice 2. Plano realizado en AutoCAD del acueducto actual.	79
Apéndice 3. Plano realizado en AutoCAD perfil de las líneas de conducción actuales.....	80
Apéndice 4. Plano realizado en AutoCAD del acueducto propuesto.	81
Apéndice 5. Plano realizado en AutoCAD Perfil de detalles constructivos.....	82
Apéndice 6. Cotización instalación sistema de cloración en tanque de almacenamiento ..	83
Apéndice 7. Cotización instalación de 2 tanques de almacenamiento de 22.000 L.	84
Apéndice 8. Cotización presupuesta para la instalación de línea de conducción.....	85

IX ANEXOS	87
Anexo 1. Formularios SERSA utilizados	87
Anexo 2. Tabla crecimiento poblacional, distrito de Cañas Dulces	91
Anexo 3. Resultados de análisis del agua de la ASADA	92

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Leyes y reglamentos vigentes relacionados con el recurso hídrico, relevantes en la resolución del problema del presente estudio.....	19
Cuadro 2. Clasificación de riesgo de acuerdo con la herramienta SERSA.....	26
Cuadro 3. Puntos de muestreo y análisis planificados en el sistema de abastecimiento de agua de Buena Vista.....	27
Cuadro 4. Formulas para el calculo de caudales de diseño.....	28
Cuadro 5. Resumen de los principales del acueducto.....	33
Cuadro 6. Medición de caudal (promedio de 5 aforos) en la naciente Los Madroños 2020 al 2023.....	35
Cuadro 7. Datos de medición de cloro residual tomados de abril 2020 a setiembre 2020 en mg/L (ppm).....	43
Cuadro 8. Resumen de análisis realizados por la ASADA, año 2020, tipo N1 y arsénico..	44
Cuadro 9. Resumen de análisis realizados por la ASADA, año 2022 tipo N1.....	44
Cuadro 10. Resumen de Análisis N2 y N3 realizados por la ASADA.....	45
Cuadro 11. Dotación domiciliar de acuerdo con la micromedición.....	46
Cuadro 12. Resumen datos sobre demanda y oferta del acueducto.....	47
Cuadro 13. Necesidades de almacenamiento futuras (con proyección a 20 años).....	49

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de la comunidad de Buena Vista.....	24
Figura 2. Captación en la naciente Los Madroños.....	34
Figura 3. Lugar a 5 metros de la naciente en donde se realizó el aforo el 09/09/2020.....	36
Figura 4. Pozo El Aprecio con su casetilla de protección.....	38
Figura 5. Tubería aérea en rio Tizate y paso de quebrada.....	39
Figura 6. Tanque de almacenamiento Buena Vista.....	40
Figura 7. Mapa de los componentes del acueducto Buena Vista.....	42
Figura 8. Sistema de cloración a 5 m de la naciente Los Madroños.....	43
Figura 9. Presentación del proyecto a la ASADA el 11 de noviembre del 2023.....	53

RESUMEN

El acceso al recurso hídrico en las zonas rurales y en comunidades más alejadas del país, es limitado. Enfrenta debilidades como ausencia de proyectos gubernamentales de orden financiero, falta capacitación técnica al personal encargado de las ASADAS y problemas de infraestructura del acueducto.

Desde esta perspectiva, el estudio evalúa las condiciones operativas del acueducto rural Buena Vista, Cañas Dulces, Liberia, Guanacaste, con respecto al abastecimiento del agua, calidad, cantidad y continuidad del recurso hídrico. Los resultados obtenidos propiciaron oportunidades de mejoras al sistema de abastecimiento de agua de Buena Vista.

El estudio contempló tres fases: la primera, un diagnóstico utilizando la herramienta SERSA, metodología estandarizada por el Ministerio de Salud. La calidad sanitaria del agua se analizó mediante procedimientos establecidos en el Reglamento para Calidad del Agua Potable (DE 38924) y recomendaciones técnicas de AyA. Se contó con los análisis de agua que proporcionó la ASADA, el mantenimiento requerido en las estructuras, tratamientos necesarios para asegurar la cantidad, calidad y continuidad del recurso. También incluyó mediciones para calcular la producción de la fuente, capacidad hídrica del sistema, población abastecida, demandas futuras e impacto del cambio climático.

La segunda fase, es una propuesta para el rediseño de los componentes del sistema, sustentado en datos diagnosticados y en la Norma Técnica de Acueductos y Alcantarillados para Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Sistema Pluvial. Integra costos para cambiar la red de conducción, instalar un sistema de cloración y de almacenamiento.

La tercera fase, se diseñó un Manual Operativo para la facilitar el trabajo que realiza la administración de la ASADA.

En conclusión, se ha recomendado continuar con el proyecto, e involucrar a las instituciones encargadas de velar con el bienestar del recurso hídrico, para que Buena Vista logre tener un sistema de abastecimiento de agua que le permita cumplir con todas sus necesidades.

I INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El agua es un elemento indispensable para la vida humana, la naturaleza y demás seres vivos. Se le considera un líquido fundamental en todas las actividades primordiales del ser humano, tales como la agricultura, procesos productivos y en la alimentación, entre otras. Se ha comprobado que, para ejercer un impacto positivo en las comunidades, se requiere un gran esfuerzo para proveer a todas las personas en la cantidad y calidad necesaria (Moreno-Avendaño et al.,2014, p.73).

La disponibilidad de agua en cantidad y calidad es esencial para el desarrollo económico y social de los continentes, países y regiones. El 70 % de la superficie de la tierra es agua, y tan solo el 30 % es tierra firme. La mayor parte del agua es salada: 97,5 % es agua de mares y océanos y el restante 2,5 % es agua dulce (Moreno-Avendaño et al., 2014: p.83).

El texto anterior, reafirma la vital importancia del agua como fuente de vida. Según estudios, Centro América cuenta con abundantes fuentes de agua; sin embargo, no han logrado políticas públicas que aseguren a la población el acceso a servicios de agua y saneamiento requerido; por lo tanto, es fundamental el uso sostenible del recurso, mediante su protección y medidas para evitar la contaminación (Sancho et al.,2018, p.4).

Desde esta perspectiva, los países analizados durante la cumbre del agua, incluyendo a Costa Rica, presentan vulnerabilidades institucionales en el área del sector hídrico y carencias en la coordinación eficaz del recurso. Los gobiernos locales, no tienen la capacidad para cumplir con sus obligaciones como operador de los sistemas de abastecimiento de agua por este motivo, la gestión comunitaria ha sido una alternativa muy utilizada, esencial para lograr el acceso al agua y saneamiento rural; es un sistema que continúa creciendo en Centro América, sin embargo, necesitan ser fortalecidos (Sancho et al., 2018, p. 4).

En Costa Rica, el ente rector de los servicios de agua potable es el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados en adelante AyA, sin embargo delega esta responsabilidad a las Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Comunales (ASADAS) estas son asociaciones conformadas por los habitantes de una comunidad, encargadas de administrar, operar y garantizar un buen mantenimiento del acueducto local, según lo establecido en el Reglamento de ASADAS (Decreto ejecutivo 42582-S-Minae, 2020).

La principal vulnerabilidad de las ASADAS es su constitución misma, ya que surgen únicamente ante la necesidad de una comunidad, en donde a otras entidades se les dificulta cumplir con su función de operar eficazmente los sistemas de acueductos, llámense Municipalidades y AyA. De esta forma, la creación de las ASADAS no responde a la problemática que presenta el suministro de agua potable en las zonas rurales del país, sino a acciones puntuales para llevar el agua a las zonas más desprotegidas. Dicha situación evidencia que el AyA, ha tenido dificultades para cumplir con sus obligaciones como ente rector, por lo que delega sus funciones a las Juntas Administrativas de Acueductos (Ballestero, 2009, p.11).

Según la normativa del AyA los acueductos se diseñan por un periodo de 20 a 25 años, sin embargo, con el paso del tiempo, se observa que esta institución una vez realizados los acueductos rurales, difícilmente vuelve a invertir en ellos (AyA, 2021).

Otro factor valorado en el presente trabajo es el cambio climático, el cual afecta el acceso y disponibilidad del agua, debido a los cambios en el régimen de precipitaciones, temperaturas y sequías más intensas que se presentan en la actualidad (Valverde, 2013). En este caso, el pacífico norte del país es la zona más afectada, debido a la disminución del caudal hídrico en las fuentes de agua subterráneas y superficiales (Valverde, 2013).

En esta región, Guanacaste es una de las provincias de Costa Rica más afectada por el efecto de las sequías y el cambio climático, la época seca se ha extendido a los meses de mayo y junio, dicho fenómeno ha ocasionado que las fuentes de agua pierdan su caudal y, por ende, los acueductos rurales han tenido que buscar nuevas fuentes de abastecimiento (Valverde, 2013).

Al respecto, el proyecto de graduación realizado por Garro Ureña, del Instituto Tecnológico de Costa Rica, sobre el diagnóstico y diseño de un plan de mejoras del sistema de abastecimiento de agua potable de la ASADA de San Antonio de León Cortés, ubicada en la provincia de San José, es de mucha utilidad, para ser tomado como referencia en la metodología de esta investigación ya que el trabajo realizado contempla la necesidad de soluciones técnicas que permitan mejorar el desempeño de ese acueducto (Garro-Ureña, 2017).

Dentro de esta misma línea de estudios realizados a los acueductos rurales del país, se encuentra el trabajo final de graduación de Marissa Navarro Monge, quien realiza una evaluación de herramientas de gestión integral de riesgo, de planes de mejora y eficiencia de acueductos desarrolladas por el AyA y el Programa de las Naciones Unidas para Desarrollo (PNUD), en tres ASADAS del Pacífico Norte de Costa Rica, durante el año 2019 (Navarro-Monge, 2022).

De acuerdo con el citado estudio, la aplicación y el análisis de estos instrumentos, le permitió abordar la problemática referente a la necesidad de apoyo técnico para las ASADAS de Pilangosta de Hojancha, San Blas de Carrillo y Paraíso, además de la ASADA Junquillal de Santa Cruz, en donde Buena Vista es una de las ASADAS que podría verse beneficiada con este proyecto dentro las ASADAS del cantón de Liberia que han sido seleccionadas para participar, por su vulnerabilidad ante el cambio climático, es importante resaltar que el acueducto en estudio forma parte del proyecto Fortalecimiento de ASADAS de PNUD, esto indica que Buena Vista tiene grandes oportunidades para recibir donaciones para mejorar toda su infraestructura (Navarro Monge, 2022).

Como se aprecia, existen antecedentes de estudios técnicos relacionados con el proyecto realizado en la ASADA Buena Vista, ubicada en el distrito de Cañas Dulces de Liberia la cual está conformada por un Comité Directivo (5 miembros) y un fontanero. Este grupo ha sido reelecto desde el 2015, cada dos años. Solo dos miembros del comité, el secretario y la tesorera han recibido capacitación de la empresa Corporación Internacional de Servicios Administrativos (CISA) con respecto al sistema de cobros y facturación electrónica del servicio, exigida por el Ministerio de Hacienda (R. Ramos, comunicación personal, 15 de marzo, 2020).

Según datos brindados por el comité en reunión realizada en año 2020, debe indicarse que el sistema de captación y abastecimiento de agua potable fue construido en forma empírica, hace más de 50 años; se captó el agua de una naciente (Los Madroños) ubicada en una zona montañosa con difícil acceso se encuentra en una propiedad privada (Hacienda las Imágenes), también gran parte de la tubería de inducción se ubica en la misma propiedad, de acuerdo a conversaciones con el presidente del acueducto, indica que la concesión ante la Dirección de Aguas del MINAE (DA-MINAE) la tiene el AyA, por lo que se están tramitando reuniones para poder realizar paulatinamente las mejoras que necesita con urgencia la captación (R. Ramos, comunicación personal, 15 de marzo, 2020).

La naciente Los Madroños y un pozo (El Aprecio) son las únicas fuentes que abastecen a la comunidad de Buena Vista. Con el paso del tiempo, esta comunidad ha crecido en población e infraestructura; por ende, la demanda a aumentado.

Es importante resaltar que la principal fuente de captación es la naciente Los Madroños.

Cabe destacar que la ASADA Buena Vista, a pesar de las limitaciones detectadas, ha venido realizando gestiones para mejorar el sistema de abastecimiento de agua, ante el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), con el propósito de perforar un nuevo pozo (para la comunidad del Cedro). Esta posibilidad, permitiría aumentar el flujo de agua a los usuarios en los meses más críticos del año, que van de febrero a abril. De igual forma, ha tramitado en el AyA la donación de

tubería con el fin de cambiarla, debido a que la instalación actual se encuentra obsoleta (Ramos, comunicación personal, 15 de marzo, 2020). Además, el PNUD donó tres tanques en el año 2018, para poder incrementar la cantidad de agua que se almacena, los cuales en este momento se encuentran en desuso.

Tomando en cuenta estos antecedentes, seguidamente se presenta el problema de investigación y los objetivos que orientaron el presente estudio.

1.2 Problema de la investigación

El problema por resolver en esta investigación se orientó a evaluar la infraestructura de la ASADA Buena Vista, con respecto al suministro de agua potable en la cantidad, calidad y continuidad necesaria para los usuarios del servicio, tomando como referencia la reglamentación vigente en el país para efectos operativos, sanitarios, seguridad y administración de las ASADAS. Una vez analizada la problemática, se determinó la necesidad de diseñar un proyecto orientado a resolver las necesidades identificadas mediante el estudio de campo realizado por las investigadoras, responsables del presente estudio.

De acuerdo con las debilidades identificadas en un primer acercamiento a la ASADA en estudio, surgieron los siguientes cuestionamientos que requerían respuesta:

- ¿En qué condiciones opera la ASADA Buena Vista, en relación con la normativa vigente?
- ¿Cuál sistema de abastecimiento de agua potable es el más adecuado para la ASADA Buena Vista actualmente?
- ¿Qué acciones podrían ayudar con el mejoramiento de la ASADA, logrando que opere en condiciones adecuadas, que puedan brindar un servicio óptimo acorde con el sistema de abastecimiento de agua requerido?

Para despejar estas interrogantes, se estudió la posible existencia de un problema de infraestructura que aparentemente estaba impactando de manera negativa la ASADA en estudio; asimismo, interesaba determinar cómo afectaba la época seca a la naciente y la forma como se atendían las carencias y debilidades en la ASADA; de igual manera, era importante conocer las acciones preventivas aplicadas para administrar adecuadamente el servicio.

Lo anterior, conllevó a planificar un plan estratégico de acción que permitiera el logro de los objetivos. Con esta intención, se desarrolló un proceso de actividades conducentes a recopilar la información y datos necesarios para definir la toma de decisiones relativas a la propuesta de proyecto para fortalecer el servicio brindado por la ASADA en la comunidad de Buena Vista.

1.2.1 Contexto Social

Para contextualizar el problema en su aspecto social, la comunidad de Buena Vista de Cañas Dulces cuenta con una población aproximada a 920 personas. Cada familia está integrada por 3,9 habitantes en promedio de factor de hacinamiento (INEC, 2016a).

Por otra parte, la ASADA cuenta con sistema de micro medición, para un total de 237 medidores instalados. El distrito de Cañas Dulces es una zona muy atractiva por su belleza natural alrededor del Rincón de la Vieja, y en la comunidad de Buena Vista se encuentran 3 hoteles: Buena Vista del Rincón, Borinquen Thermal Resort y Vandará. La ASADA solo suministra agua al Centro Turístico Vandará, los otros dos hoteles obtienen el agua mediante pozos construidos por ellos mismos; en consecuencia, al no existir un debido control podrían verse afectadas la salud, higiene y economía si no cuentan con el agua en la cantidad necesaria y además, de buena calidad (Ramos, comunicación personal, 15 de marzo, 2020).

1.2.2 Contexto ambiental

En relación con el contexto ambiental, el sistema de abastecimiento de agua potable de la ASADA Buena Vista podría estar expuesto a vulnerabilidades ambientales tanto de índole antrópica como natural. La primera debido a que las viviendas no cuentan con un sistema adecuado tratamiento de las aguas residuales y algunas son vertidas directamente a los cuerpos de agua y la segunda por la cercanía del volcán Rincón de la Vieja y el riesgo de erupción y sus consecuencias en la calidad del agua (OPS, 2021).

La ASADA se encuentra ubicada en las faldas del volcán Rincón de la Vieja. Se ha comprobado que uno de los factores que aumenta la contaminación del agua con Arsénico son las erupciones volcánicas y la actividad geotérmica, entre otras. En el año 2012, el gobierno de Costa Rica declaró emergencia sanitaria debido a la detección de arsénico en el agua para consumo humano en la Región Huetar Norte y Chorotega, se le considera una sustancia altamente tóxica. Debido a la falta de estudios realizados a los operadores de servicios de abastecimiento de agua potable en las zonas de riesgo detectadas, la Universidad Nacional realizó un diagnóstico que comprobó la presencia de arsénico por encima de la norma nacional, en los distritos de Liberia, Bagaces y Cañas de la provincia Guanacaste (Herrera-Murillo et al., 2019).

1.2.3 Delimitación de tiempo y alcance

El problema y el contexto planteado en este Trabajo Final de Graduación, se delimita en la comunidad de Buena Vista de Cañas Dulces, Liberia, entre los años 2020-2023; de acuerdo con los resultados obtenidos y la magnitud de la investigación, se formulan propuestas orientadas a mejorar las condiciones de la infraestructura del Sistema de Abastecimiento de la ASADA Buena Vista. Con este propósito se utilizó el Manual de la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de agua potables, de saneamiento y pluvial (AyA, 2021), mediante este instrumento, se logró verificar las condiciones actuales del servicio que brinda el acueducto

en estudio, con respecto a calidad, continuidad y cantidad. En el siguiente apartado se anotan los criterios que justifican la importancia de ejecutar el estudio.

1.3 Justificación

De acuerdo con estudios de expertos, el manejo adecuado del recurso hídrico contribuye a mejorar la estructura organizativa que las instituciones del estado tienen actualmente, con respecto a la identificación y separación de los diferentes roles en la gestión del agua como recurso y servicio (Arce, 2012, p.10).

Desde esta óptica, acorde con los objetivos planteados para efectos de este estudio, se realizó una evaluación de las condiciones actuales de la ASADA en cuestión. Con base en los resultados obtenidos, se determinó la necesidad de diseñar un proyecto orientado a resolver las debilidades identificadas mediante el estudio de campo realizado por las estudiantes, responsables de la investigación.

De acuerdo con lo anterior, la propuesta de proyecto plantea estrategias importantes orientadas a rediseñar el sistema de abastecimiento de agua de la comunidad de Buena Vista de Cañas Dulces. Es importante enfatizar que para el cumplimiento de esta meta se realizó un diagnóstico del acueducto basado en la normativa costarricense, (caudal producido en la captación, estado y diámetros líneas de impulsión, conducción, volúmenes de almacenamiento y red de distribución), así como el consumo promedio de la población, con el fin de realizar el balance hídrico e identificación de oportunidades de mejora para que esta comunidad disponga de un servicio adecuado. Con este propósito, se realizó un trabajo de campo donde se observó la realidad como opera dicha ASADA; asimismo, se valoró su funcionamiento, tomando como referencia la normativa costarricense para estos casos.

La implementación de la propuesta de proyecto en la ASADA Buena Vista, mejoraría el acceso al servicio de agua que proporciona a los usuarios; por ende, lograría mayor impacto en la

calidad de vida de los habitantes; dinamizaría el desarrollo económico y social de la comunidad; asimismo, aumentaría la capacidad en la distribución de agua, necesaria para desarrollar proyectos tanto en el área turística como en la agricultura, principales actividades económicas que podrían impulsarse; además, representa un aporte fundamental en la salud de las personas. De acuerdo con estos criterios, se garantiza que adoptar la implementación de esta propuesta, los beneficios serían integrales tanto para la salud comunitaria como para el sector agropecuario, turismo y a las instituciones del Estado que deben intervenir en el buen manejo del recurso hídrico.

Por otra parte, es importante indicar que, para concretar el proyecto, se cuenta con el apoyo del ingeniero civil Carlos Leiva Milano propietario empresa Hidroservicios de Guanacaste S.A. quien cuenta con amplia experiencia en estudios técnicos de diagnóstico e implementación de mejoras en diversas ASADAS de Guanacaste. Este empresario brindó acompañamiento en el diagnóstico y en la determinación de las mejoras que deben implementarse en la infraestructura del sistema de abastecimiento de la ASADA Buena Vista; la asociación encargada de la administración del acueducto se encuentra anuente a recibir la colaboración; aunado a esto, ellos ya han estado tramitando con el ICE, el PNUD y el AyA, donaciones para las mejoras en los componentes de todo el sistema de abastecimiento.

De acuerdo con el trabajo final de graduación (TFG) de Navarro-Monge (2022) el estudio se fundamentó en la aplicación de tres herramientas en tres ASADAS diferentes en Guanacaste que permitirán evaluar y generar recomendaciones de mejoras en sistemas de abastecimiento de agua y al servicio que brindan a los usuarios. Dicho TFG ha sido enmarcado en el proyecto de Fortalecimiento de ASADAS de PNUD. Navarro-Monge participó en ese proyecto brindando consultoría a las instituciones, en el proceso de evaluación de las ASADAS seleccionadas. Desde esta perspectiva, los resultados de ese estudio se consideran un aporte fundamental que brinda mayor sustento al planteamiento que se pretende.

Consecuentemente con las interrogantes antes mencionadas y la justificación de este proyecto, se presentan los objetivos que orientaron la investigación.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Proponer un rediseño para el sistema de abastecimiento de agua potable de la ASADA Buena Vista, mediante la evaluación de todos sus componentes, con la finalidad de que los usuarios obtengan agua en la cantidad, calidad y continuidad necesaria para satisfacer todas sus necesidades.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua del acueducto, aplicando la medición de variables cuantitativas y la observación sistematizada de variables cualitativas, conducentes a identificar necesidades y debilidades en la infraestructura que comprometan el abastecimiento de agua potable.
- Plantear una propuesta de rediseño en la infraestructura del sistema de abastecimiento de agua, mediante el análisis de las condiciones que debilitan el servicio, según resultados obtenidos del diagnóstico y confrontados con los lineamientos establecidos por la normativa costarricense.
- Elaborar un manual operativo del sistema de abastecimiento de agua, considerando los resultados obtenidos de las mediciones, análisis y mantenimiento requerido por la captación, los tanques de almacenamiento, la red de distribución y los tratamientos necesarios para asegurar la calidad del agua, la vida útil de las obras y el servicio brindado por la ASADA.

II MARCO TEORICO

Con el propósito de cumplir los objetivos planteados en el presente estudio, se cumplió con un proceso de actividades conducentes a despejar las interrogantes anotadas al inicio de este trabajo. A continuación, se presenta el marco teórico que sustenta la propuesta de proyecto, debido a que hace referencia a los objetivos que se persiguen en este estudio.

2.1 Agua potable como derecho humano

El agua salubre y fácilmente accesible es de gran importancia para la salud pública. Este recurso natural es imprescindible no solo para hidratarse, sino también para uso doméstico, producción de alimentos o para fines recreativos. La mejora del abastecimiento de agua, del saneamiento y de la gestión de los recursos hídricos puede impulsar el crecimiento económico de los países y contribuir en gran medida a la reducción de la pobreza (WHO, 2023).

En el año 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al abastecimiento de agua y al saneamiento. De acuerdo con esto, todas las personas tienen derecho a disponer del preciado líquido en forma continua y suficiente, salubre, físicamente accesible, asequible y de una calidad aceptable, para uso personal y doméstico (WHO, 2023).

También es imperante conocer que la falta de acceso al agua potable es una de las causas de proliferación de enfermedades en las comunidades, denominadas enfermedades de origen hídrico, causadas por virus, bacterias o parásitos, que se multiplican en aguas mal almacenadas, sin tratamiento, o malas prácticas de higiene, las más comunes son: cólera, tifoidea, amebiasis, hepatitis y diarreas (CARE Internacional-Avina, 2012, p.22).

Con base en lo anterior, se determina que el acceso al agua potable es un derecho de todas las personas, evita la propagación de enfermedades de origen hídrico y, además, debe garantizarse

la cantidad suficiente para realizar las actividades diarias y vitales como el baño, lavado de ropa, en general la higiene personal y del hogar.

Con respecto a la necesidad del acceso al agua potable en la cantidad adecuada en las comunidades, debe tomarse en cuenta, las altas temperaturas que inciden como consecuencia del cambio climático y la falta de estrategias implementadas para minimizar su impacto. En este sentido, en el próximo apartado, se hace referencia a esta temática en cuestión.

2.2 Cambio climático en Guanacaste

El aumento de la temperatura como consecuencia del cambio climático es un factor que aumenta las consecuencias de la época seca en la región Guanacasteca, provoca efectos negativos tanto en la agricultura, como en la disponibilidad del agua necesaria para todas las actividades básicas del ser humano. En una investigación realizada por la Universidad de Costa Rica durante el año 2019 a las comunidades de Cerro Negro en Cuajiniquil del cantón de La Cruz, Santa Ana y Barra Honda en Nicoya, se comprobó que los habitantes han percibido variaciones en el clima, que está afectando su vida diaria. Según dichos estudios, se evidencia que los habitantes carecen de mecanismos que les permita adaptarse al cambio climático; en consecuencia, la gestión del agua es uno de los principales problemas que enfrentan (Blanco, 2019).

Guanacaste es una de las provincias del país, en donde ocurren sequías constantemente. Según estudios, cada 10 años, son más prolongadas, debido a factores como el fenómeno del niño, a pesar de que actualmente en la zona no existen cambios en el patrón de lluvias, el cambio climático, incide significativamente en el aumento de la temperatura y la aridez del lugar, esta problemática ocasiona una mayor demanda de agua proveniente de la atmósfera (Blanco, 2019).

El cambio climático es uno de los factores que afecta la disponibilidad del agua en la zona de estudio, situación que ha prevalecido en años anteriores en el cantón liberiano; sin embargo, actualmente, las lluvias han sido abundantes durante el invierno por lo que hay suficiente

disponibilidad de agua en el distrito de Cañas Dulces, Liberia, ubicado en una zona montañosa, donde las precipitaciones son bastante copiosas, en esta época. La cantidad de precipitaciones en la provincia de Guanacaste, pueden variar de un año a otro, además de las intensas temperaturas provocadas por el cambio climático (Blanco, 2019).

2.3 Sistema de abastecimiento de agua potable

Un sistema de abastecimiento de agua potable es un grupo de fuentes de agua (nacientes subterráneas o manantiales, ríos o quebradas), con su respectiva infraestructura y equipamiento para la captación, potabilización y distribución, todos estos requerimientos, incluidas las plantas potabilizadoras, tanques de almacenamiento, líneas de aducción y conducción, pozos, redes de distribución, hidrantes, hidrómetros y demás elementos, son necesarios para el suministro de agua potable a la población (AyA, 2021, p.6).

En cuanto al sistema de abastecimiento de agua de la ASADA Buena Vista, es preciso indicar que aquí se combinan dos tipos de sistemas de abastecimiento de agua: por gravedad, ya que el agua es captada de la naciente Los Madroños y por bombeo en los meses de verano que debe utilizarse como apoyo para poder captar el agua necesaria para toda la comunidad el pozo El Aprecio.

En los sistemas de abastecimiento de agua por gravedad con tratamiento, la fuente es agua superficial o subterránea, el agua fluye por canales, quebradas, ríos, etc., por lo que requiere tratamiento para evitar la contaminación. Estos tipos de sistemas están equipados con plantas de tratamiento, diseñadas en función de la calidad física, química y bacteriológica del agua cruda y del caudal requerido (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento Gobierno del Peru, 2004). Por otra parte, los sistemas por bombeo con tratamiento son sistemas cuyas fuentes de agua son superficiales y están ubicadas por debajo del nivel de las localidades atendidas; requieren estaciones de bombeo para impulsar el agua hasta el nivel donde pueda atender a la comunidad;

asimismo, demanda plantas de tratamiento, para acondicionar las aguas crudas para consumo humano (Ministerio de Vivienda y Construcción y Saneamiento, Gobierno del Peru, 2004, p. 5-7). Al respecto, en el próximo apartado, se describen los componentes actuales del sistema de abastecimiento de agua de la ASADA en estudio.

- Captación: “Es la infraestructura, equipo y todos los elementos necesarios para la extracción del agua, en una fuente de abastecimiento ya sea superficial o subterránea que forma parte de un sistema de agua potable” (AyA, 2021, p.4).
- Red de conducción: “Son las tuberías y otros accesorios que transportan el agua desde la fuente hasta su lugar de almacenaje” (Reglamento de calidad de agua potable, 2015, p. 2).
- Tanque de almacenamiento: “Estructura de concreto en donde se almacena el agua que es captada en la fuente, en este se compensan las variaciones de caudal de entrada y garantiza el abastecimiento diario de la comunidad y mantiene las presiones adecuadas para la red de distribución” (Reglamento de calidad de agua potable, 2015, p. 3).
- Red de distribución: “son las tuberías y accesorios que transportan el agua desde el tanque de almacenamiento a la red domiciliar” (Reglamento de calidad de agua potable, 2015, p. 3).

2.4 Niveles de control de calidad del agua y parámetros de análisis obligatorios

Para que el agua sea potable se requiere de un adecuado control de calidad de acuerdo con las características físicas, químicas y microbiológicas, se debe garantizar que el agua que se consume no cause problemas en la salud de las personas y que sea adecuada para todas las actividades en la que sea requerida (Instituto del agua, 2023; OMS, 2011)

En el caso concreto del agua que abastece a una comunidad esta debe ser transparente y nítida, el aspecto físico del agua de la naciente del acueducto Buena Vista se observa muy cristalina,

sin embargo, es de gran importancia realizar análisis reglamentarios que permitan garantizar la calidad de esta.

De acuerdo con el Reglamento para la calidad del Agua Potable, (Decreto Ejecutivo 38924-S, 2015) para conocer la calidad del agua se deben analizar diferentes parámetros, los cuales son categorizados en los siguientes niveles control y que se deben realizarse según la obligatoriedad y periodicidad indicada:

Control operativo: es el control periódico de los parámetros físicos: color, olor y cloro residual libre; que se deben tener el equipo necesario para realizar los análisis, y los valores obtenidos se deben incluir en una bitácora, en comunidades menores a los 2000 usuarios el control debe realizarse mínimo una vez al mes.

Nivel Primero (N1): en este tipo de análisis, se estudian los siguientes parámetros: coliformes termo tolerantes (fecales), *Escherichia coli*, color aparente, turbiedad, olor, sabor, temperatura, pH, conductividad, y cloro residual libre o combinado. Los valores recomendados y máximos admisibles se establecen en el anexo 1 del citado reglamento. Si la inspección sanitaria establece otros riesgos de contaminación, deberán adicionarse al programa de control básico, los parámetros necesarios.

Nivel Segundo (N2): en este tipo de análisis se incluyen todos los parámetros que se estudian en el nivel N1 y se incluyen los siguientes: dureza total, cloruro, fluoruro, nitrato, sulfato, aluminio, calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro, manganeso, zinc, cobre, plomo. Los valores recomendados y admisibles se encuentran en el cuadro 2 del anexo 1 del reglamento (Decreto Ejecutivo 38924-S, 2015)

Nivel Tercero (N3): este es un programa avanzado que los acueductos deberán realizar una vez al año, incluye el análisis de los parámetros estudiados en el nivel N2, se incluyen los siguientes: nitrito, amonio, arsénico, cadmio, cromo, mercurio, níquel, antimonio, selenio y

residuos de plaguicidas. Los valores recomendados y máximos admisibles se encuentran en los cuadros 3 y 4 del anexo 1 del reglamento (Decreto Ejecutivo 38924-S, 2015).

2.5 Guías para inspección de calidad de agua potable SERSA

Las Guías de inspección para la calidad de agua potable SERSA permiten realizar el diagnóstico de estado actual de cada una de las estructuras del acueducto, es el instrumento utilizado por el Ministerio de Salud para realizar inspecciones sanitarias a las ASADAS, este es un documento que contiene los criterios para el monitoreo de la calidad del agua, análisis y estado de cada uno de los componentes del sistema y su entorno inmediato, de esta forma, permitirecolectar la información necesaria para identificar las debilidades que presenta. El formulario se encuentra en el anexo 5 del Decreto Ejecutivo 38924-S (2015).

2.6 Norma Técnica de Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua

El AyA establece en la Norma Técnica de Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua, de Saneamiento y Pluvial los requisitos técnicos entre otros aplicables para la construcción de los acueductos del país, que permite orientar el diseño, la construcción, los materiales para cada uno de los componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable de proyectos tanto de iniciativa pública como privada y sirve como base para ser aprobados por el AyA como el ente rector (AyA, 2021).

2.7 Legislación aplicable al manejo del recurso hídrico en Costa Rica

Con el propósito de lograr un buen diagnóstico del sistema actual de la ASADA Buena Vista, se resume en cuadro 1, el marco legal relevante en el tema del manejo de recurso hídrico.

Cuadro 1

Leyes y reglamentos vigentes relacionados con el recurso hídrico, relevantes en la resolución del problema del presente estudio.

Nombre	Relación con el recurso hídrico
Política Hídrica Nacional	Establece que debe prevalecer un manejo de recurso hídrico bajo los principios precautorio y preventivo, que asegure el beneficio económico, social y ambiental en forma sostenible.
Ley de Aguas N° 276 de 1942, Congreso Constitucional de la República de Costa Rica.	Indica cuáles fuentes de agua son de dominio del estado y cuáles de dominio privado, aprovechamiento de agua para consumo, riego y navegación
Ley General de la Salud, N° 5395, 1973	Describe las pautas por seguir sobre temas relacionados con la salud.
Ley de Hidrantes N° 8641, 2008	Establece que la instalación, operación y mantenimiento de los hidrantes es responsabilidad de los operadores de agua potable, públicos o privados.
Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Comunales N° 37169-S MINAE; 2005	En este reglamento se establece el adecuado manejo, conformación, administración, así como los deberes y atribuciones de la ASADA; también establece los lineamientos para la protección del recurso hídrico administrado.
Reglamento para la Calidad del Agua Potable DE 38924-S; 2015.	En el reglamento se estipulan los niveles máximos que deben tener los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua que impliquen un riesgo para la salud.
Normas técnicas y procedimientos para el mantenimiento de sistemas de abastecimiento de agua potable de saneamiento y pluvial del AyA, 2021.	Establece las disposiciones técnicas generales para los sistemas de abastecimiento de agua potable en Costa Rica.

Fuente: página web de Sistema Costarricense de Información Jurídica – SCIJ, 2023

2.8 Balance hídrico

Conocer la capacidad hídrica de la captación de un sistema de abastecimiento es importante para establecer el caudal necesario para abastecer a toda la comunidad en la cantidad y continuidad requerida ahora y en el futuro. El balance hídrico de un acueducto consiste en comparar la producción de las fuentes de abastecimiento (pozos y nacientes) contra la demanda de la población atendida (AyA, 2021, p1). Según el Manual de uso de la calculadora para balance hídrico para ASADAS (AyA 2021, p1), el procedimiento puede resumirse en los siguientes tres pasos:

- Estimación de la producción: realizar pruebas de bombeo para pozos o aforos para nacientes.

- Cálculo de la demanda: calcular la cantidad de agua que requiere la comunidad con base en la información disponible (censos de población atendida, levantamiento de actividades comerciales, registros de micro medición, etc.).
- Resta: estimar el balance hídrico restando la producción menos la demanda.

Para el cálculo de la demanda primero se debe sacar los datos de la población de diseño conociendo el número de viviendas que forman parte del proyecto y que se multiplica por un factor de hacinamiento basado en los datos obtenidos en el último censo de la población (AyA, 2021). Además, se debe conocer la cantidad estimada de agua que consume cada habitante (cálculo de dotación), que se basa en datos de consumo real de una población parecida con estrato social semejante, y que se expresa en L/hab/d (AyA, 2021).

2.9 Demanda máxima diaria y horaria

Demanda máxima diaria: Es la cantidad máxima de agua que necesita una población para poder realizar o cumplir con todas sus necesidades diarias en lo que respecta al consumo de agua en todas sus actividades (AyA, 2021).

Demanda máxima horaria: Es la cantidad de agua requerida por una comunidad a la hora de máximo consumo en un año (AyA, 2021).

En resumen, el presente marco teórico permitió tener una visión fundamentada de lo que es un sistema de abastecimiento de agua potable, permitió abordar la importancia de cada uno de sus componentes; asimismo, comprender la importancia del agua para que todas las comunidades obtengan este recurso en la cantidad, continuidad y calidad necesaria.

Por otra parte, el estudio de los sistemas de abastecimiento de agua potable enriquece la comprensión científica y técnica del investigador, así como la comprensión del desafío que ejerce

el cambio climático y el crecimiento de la población; de esta forma se logra que las generaciones actuales y futuras tengan acceso a este preciado líquido.

III METODOLOGIA

3.1 Enfoque de la investigación

La investigación se sustentó en un enfoque de investigación mixto, de carácter cuantitativo porque utiliza técnicas de recolección de datos (muestreos, análisis de agua, diagnóstico de la infraestructura) e instrumentos de medición que permiten realizar el análisis de los datos recolectados y responder al problema de la investigación (Hernández, 2014, p.534).

En este caso, el estudio también incluyó características cualitativas porque describe y ahonda en los datos adquiridos en el diagnóstico de la infraestructura del acueducto; de esta manera, se logró determinar las debilidades en el sistema de abastecimiento de agua de la ASADA Buena Vista.

3.2 Alcance de la investigación

En concordancia con los criterios teóricos citados, la investigación describe inicialmente, cómo es el fenómeno, sus componentes y manifestaciones. En este caso específico, el fenómeno analizado es la obsolescencia de la infraestructura del acueducto, que pone en riesgo la cantidad, flujo y calidad del agua para los usuarios de la ASADA Buena Vista. Los componentes son las características del agua, sitio y las condiciones de la infraestructura en el sistema de captación, conducción, almacenamiento y distribución. Las manifestaciones son los datos iniciales (caudal, resultados del análisis del agua, producción, protección del sistema, etc.). Al finalizar el diagnóstico de la infraestructura, se explican y analizan los datos obtenidos, fundamentales para generar las propuestas de rediseño del sistema de abastecimiento de agua; por tanto, existe un escenario inicial y otro final, pero siempre conlleva a una propuesta (Hernández, 2014, p.92).

3.3 Diseño metodológico

El diseño de la investigación es transformativo concurrente (DISTRAC); se recolectan simultáneamente datos cualitativos o cuantitativos, con diferentes pesos y el análisis es guiado por la teoría (normas y legislación nacional) y perspectivas técnicas de las estudiantes (Hernández-Sampieri et al., 2014, p.565).

3.4. Metodología aplicada

3.4.1 Fase 1. Diagnóstico del sistema de abastecimiento actual ASADA Buena Vista

En la primera fase se realizó el diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua del acueducto, aplicando la medición de variables cuantitativas y la observación sistematizada de variables cualitativas.

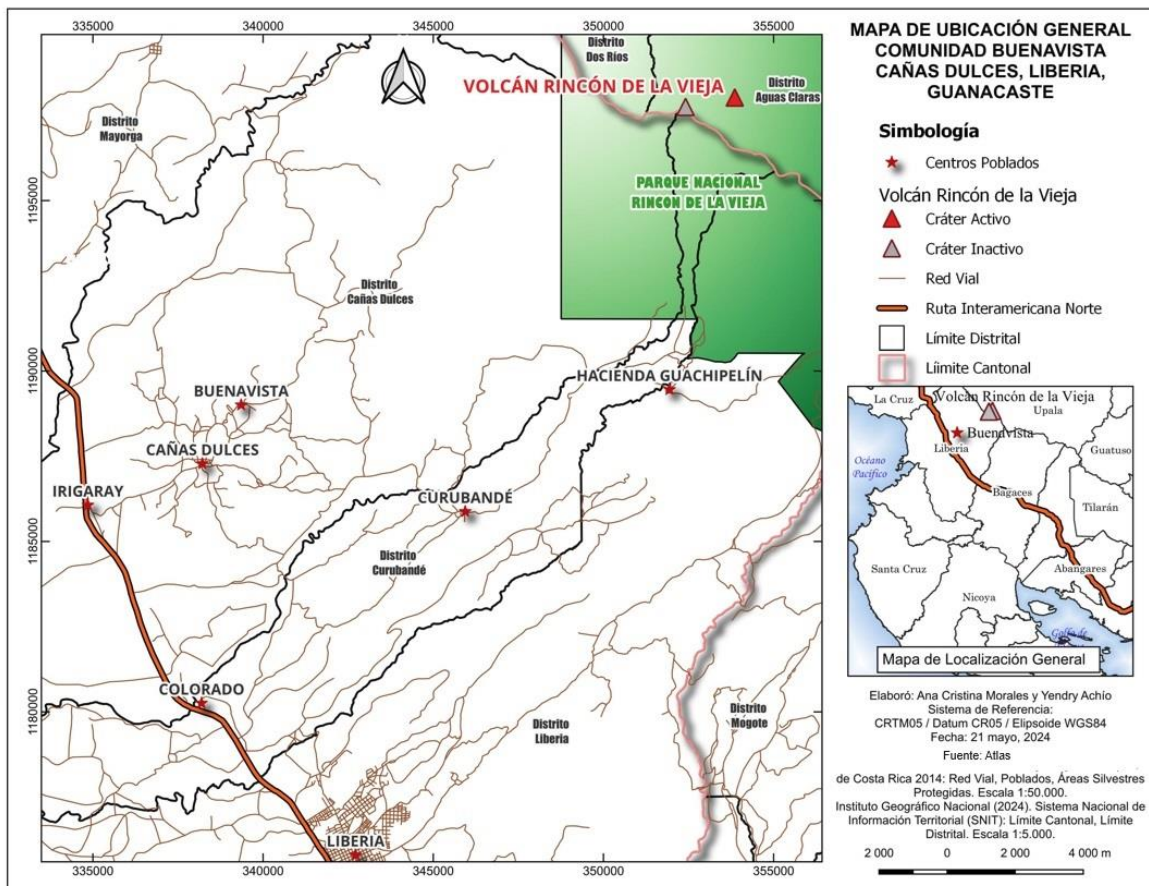
El tipo de muestreo utilizado fue no probabilístico delimitado de acuerdo con el criterio técnico de las estudiantes, al conocer cuáles son los objetos que deben ser caracterizados y evaluados. Este tipo de muestreo se realizó mediante métodos de observación. La recolección de datos se realizó mediante inspecciones de campo todas las estructuras del acueducto, conversaciones con los encargados de la ASADA, revisión de informes de análisis de calidad de agua, mediciones de caudal y muestreos de agua con la finalidad de crear entre otros un mapa con los componentes del sistema.

3.4.1.1 Lugar de estudio

La ASADA Buena Vista se encuentra ubicada en el distrito de Cañas Dulces perteneciente al cantón de Liberia, en la provincia de Guanacaste, esta comunidad cuenta con una población aproximada a las 920 personas, el acueducto en si cuenta con la cantidad de 237 abonados y se calcula un factor de hacinamiento por vivienda de 3,9 y la principal actividad económica que esta comunidad es el turismo, la ganadería y el cultivo de granos básicos (ver figura 1).

Figura 1

Ubicación de la comunidad de Buena Vista



3.4.1.2 Diagnóstico de los componentes del sistema Buena Vista

Se realizaron dos visitas de campo en compañía del fontanero de la ASADA, y un funcionario de la empresa Hidroservicios de Guanacaste, en setiembre 2020 y febrero del 2023, en donde se observó cada componente del sistema de abastecimiento, utilizando las guías de inspección-SERSA para identificar las debilidades de cada componente; georreferenciando con el GPS Garmin, (modelo GPSMAP®64sc) y tomando fotos, con los siguientes detalles en cada componente:

- Captación: Georreferenciación de la estructura, descripción del estado físico-sanitario de la toma, revisión del área de seguridad y limpieza del lugar. En la captación se realizó el aforo de la naciente mediante el método volumétrico.
- Tubería de conducción: Georreferenciación se marcó un punto cada 5 m de tubería, identificación del tipo de material en fue construida, dimensiones y condición de las válvulas, además de los riesgos de contaminación a los que se encuentran expuestas.
- Tanque de almacenamiento: Georreferenciación de la estructura, dimensión, descripción del estado físico sanitario de la toma, revisión de programa de limpieza del tanque, verificar si existe área de seguridad para la estructura.
- Proceso de cloración: revisión del sistema de cloración utilizado, análisis del tipo de control y monitoreo que lleva la ASADA en cuanto a la cloración y mediciones del cloro residual en el agua derivado del proceso de desinfección.
- Red de distribución: Georreferenciación, estado de las tuberías, dimensiones, instalación de hidrómetros y verificar si existe algún plan de monitoreo de las estructuras.
- Pozo El Aprecio: Georreferenciación, estado de la estructura de protección, fuentes de contaminación, existencia de bomba, profundidad.

Se realizó la georreferenciación de todo el sistema, se tomaron 162 puntos de referencia, desde la naciente Los Madroños hasta la última vivienda que integra la red distribución, se marcó un punto cada 5 m de tubería; es importante destacar que gracias a la colaboración de la Empresa Hidroservicios de Guanacaste, se generaron los planos del acueducto y el perfil de la tubería actual, además de un plano con la distribución y dimensiones para la tubería de conducción y distribución propuesta, el software utilizado para la realización de los planos fue AutoCAD (2023) con el acompañamiento de ingeniero civil don Carlos Leiva Milano (**Ver apéndice 2**).

Los datos georreferenciados fueron incorporados para la creación de un mapa de los componentes del acueducto con el software QGIS (versión 3.28).

Se utilizó la clasificación del riesgo de cada componente indicada en las guías SERSA sacando el numero respuestas con sí según el cuadro 2.

Cuadro 2

Clasificación de riesgo de acuerdo con la herramienta SERSA

Número de respuestas <i>sí</i>	Clasificación de riesgo	Color de alerta
0	Nulo	
1-2	Bajo	
3-4	Intermedio	
5-7	Alto	
8-10	Muy alto	

Fuente: (Decreto No 38924-S, 2015)

3.4.1.3 Verificación de la calidad del agua

Se revisó los reportes de la calidad de agua disponibles por parte de la ASADA; además, se coordinó con la ASADA la aplicación de tres muestreos de agua en diferentes partes del sistema para análisis químicos y microbiológicos; setiembre 2020, julio 2022 y junio 2023, (ver cuadro 3) de los puntos muestreados.

En setiembre 2020 se realizó un muestreo, conforme la Guía Técnica de Procedimientos del CEQUATEC, ITCR (CEQUATEC, 2020) sin embargo, al final no se pudo realizar los análisis químicos/microbiológicos porque las muestras llegaron finalmente muy tarde al laboratorio contratado por un atraso en la empresa busera encargada de la encomienda. Solo se analizaron en los puntos de muestreo el cloro residual libre con el medidor de campo (Hanna checker “Free Chlorine”). Para los muestreos y los análisis en abril 2022 y junio 2023 se contrató mediante la ASADA el laboratorio TechnoLab en Santa Cruz. Este laboratorio está registrado ante el ECA con

algunos ensayos acreditados (nivel primero). Las muestras de agua fueron tomadas en forma adecuada igual su almacenamiento y transporte al laboratorio, y según reporte de análisis las muestras fueron procesadas el mismo día de la toma.

Cuadro 3

Puntos de muestreo y análisis planificados en el sistema de abastecimiento de agua de Buena Vista

Punto de Muestreo	Punto de referencia	12-9-20*	28-7-22	29-6-23
Naciente	Naciente Los Madroños	N1c	N1c	N1c
Pozo				N1c
Almacenamiento	Tanque Buena Vista	N1mb	N1c	N1c
Red 1	Dionisio Méndez	N1mb	N1mb	N1mb
Red 2	Escuela Buena Vista	N1mb	N1mb	N1mb
Red 3	Oficina ASADA	N1mb	N1mb	N1c

N1c = análisis completo nivel primero

N1mb = solo análisis microbiológicos del nivel primero

* se tomaron las muestras, solo no fueron analizadas por problemas del envío al laboratorio San Martín. En el 2020 la ASADA tuvo control estatal por lo que en los anexos se encuentran los resultados (anexo 3)

3.4.1.4 Estimación de la oferta y demanda del agua

Medición del caudal en la naciente

En las visitas de inspección en setiembre 2020 y febrero del 2023, se hicieron las mediciones de caudal (Q) en el tubo que sale de la naciente. Para eso se tomaron el promedio de 5 mediciones del tiempo del llenado de un recipiente de 20 L.

Para el cálculo respectivo se usó la formula a continuación:

$$\text{Formula \#1: } Q = V/t$$

Donde:

Q = caudal (L/s)

V = volumen (L)

t = tiempo (s)

Estimación de la demanda

La población mínima de diseño se debe calcular a partir del número de unidades habitacionales que contempla el proyecto multiplicado por el factor de hacinamiento, este último corresponde al valor que se obtiene del último censo de población del distrito (AyA, 2021).

Para determinar el incremento de la población total se procedió a aplicar los datos de población total de la comunidad de Cañas Dulces para los censos de 2000 y de 2011 realizados por el INEC (INEC 2016a, y 2016b) proyectando un crecimiento lineal de la comunidad de Buena Vista con una tasa de 1,5 % anual, durante los próximos 20 años (Universidad de Costa Rica, s.f.).

Caudales de diseño

Para conocer la cantidad de agua que necesita la comunidad en la cantidad y continuidad necesaria se tomó como base el caudal máximo diario, se realizó los siguientes cálculos, con sus respectivas formulas:

Cuadro 4.

Fórmulas para el cálculo de los caudales de diseño.

Formula	Fuente
<p><i>Fórmula #2:</i></p> $Q \text{ promedio} = \frac{\text{población} \times \text{dotación}}{t}$ <p>Donde:</p> <p>Q promedio = caudal promedio (L/s)</p> <p>Población = cantidad de personas por abastecer</p> <p>Dotación = persona/ Litros/día, de consumo por vivienda.</p> <p>t = tiempo (s)</p>	Norma técnica (AyA, 2021)

<p><i>Fórmula #3:</i></p> <p>$Q \text{ máx diario} = Q \text{ promedio} \times \text{factor máximo diario (1,2)}$</p> <p>Donde:</p> <p>$Q \text{ máx diario} = \text{caudal máximo diario (L/s)}$</p> <p>$Q \text{ promedio} = \text{caudal promedio (L)}$</p> <p>factor máximo diario (1,2) = 1,2 veces el caudal promedio</p>	<p>Norma técnica (AyA, 2021)</p>
<p><i>Fórmula #4:</i></p> <p>$Q \text{ máx horario} = Q \text{ máx diario} \times \text{factor máximo horario (1,8)}$</p> <p>Donde:</p> <p>$Q \text{ máx horario} = \text{caudal máximo horario (L/s)}$</p> <p>$Q \text{ máx diario} = \text{caudal máximo diario (L/s)}$</p> <p>factor máximo horario (1,8) = 1,8 veces el caudal promedio</p>	
<p><i>Fórmula #5:</i></p> <p>Población = cantidad de abonados (dato brindado por la ASADA) x factor de hacinamiento por vivienda en Cañas Dulces (Censo 2011)</p>	<p>(INEC, 2016a)</p>
<p><i>Fórmula #6:</i></p> <p>Dotación = L / persona x día</p>	<p>Norma técnica (AyA, 2021)</p>

Cálculo del balance de aguas del sistema

Fórmula #7: balance hídrico = producción de la fuente – proyección de la demanda

Se calculó mediante las mediciones del caudal de la fuente, para conocer la producción total del sistema. Tomando en cuenta la proyección de la demanda se obtiene la capacidad hídrica del acueducto. (AyA, 2019).

Proyección del almacenamiento futuro (20 años)

De acuerdo con la Norma Técnica de diseño y Construcción de sistemas de abastecimiento de agua (AyA, 2021) la dotación para zonas rurales para la proyección de almacenamiento a futuro es de 200 L/p/d.

Se realizó el cálculo de la demanda futura con las siguientes formulas:

Fórmula #8: Volumen de regulación = 14% del volumen promedio

Fórmula #9: Volumen promedio = $\frac{\text{personas promedio } 20 \text{ años} \times \text{dotación para zonas rurales}}{\text{Litros}}$

Fórmula #10: Volumen de reserva por interrupciones = $\frac{\text{volumen promedio a } 20 \text{ años} \times 4 \text{ horas}}{\text{t día (24 horas)}}$

Se estimó la cantidad de agua que se requiere almacenar a futuro, de acuerdo con la Ley de Hidrantes la cual indica se debe garantizar un mínimo de 4 horas de almacenamiento y se desglosó el volumen del tanque en volumen de regulación, de interrupciones e incendios (AyA, 2021).

En el caso del volumen de regulación es un 14% del volumen promedio del tanque de almacenamiento, este porcentaje nunca debe bajar, esto se encuentra estipulado en la legislación, para obtenerlo es necesario el cálculo del volumen promedio. (AyA, 2021).

Volumen para incendios

De acuerdo con el artículo 5 del Reglamento a la Ley Declaratoria del Servicio de Hidrantes como Servicio Público y Reforma de Leyes Conexas (N° 8641) cuando los hidrantes están conectados al tanque de almacenamiento del acueducto, este debe tener una reserva de 22 metros cúbicos destinados para un eventual incendio, en el caso de comunidades en donde las viviendas son continuas.

3.4.2 Fase 2. Propuestas de mejora al sistema de abastecimiento de agua de Buena Vista

Con respecto al sistema de abastecimiento de agua, el diagnóstico se realizó tomando en cuenta las recomendaciones técnicas de AyA; además, los conocimientos del experto en ingeniería e hidrología Ing. Carlos Leiva Milano, quien guío y brindó acompañamiento al compartir sus conocimientos para la realización del rediseño del acueducto; asimismo, las mediciones, análisis y mantenimiento requerido y los tratamientos necesarios para asegurar agua en cantidad, calidad y

continuidad necesaria a la comunidad y proteger la vida útil de las obras. Esta fase, se operacionalizó mediante los siguientes aspectos:

- Propuesta de mejora para cada uno de los componentes del sistema hidráulico.
- Análisis de la situación actual de la ASADA, con respecto al cumplimiento de requisitos estipulados en la normativa, para que funcionen acorde con la legislación costarricense.
- El territorio que actualmente es propiedad privada y ha sido otorgado en calidad de préstamo, situación que ha ocasionado dificultades para que la ASADA ejecute modificaciones en la captación y tuberías de inducción.
- Propuesta de rediseño del sistema de abastecimiento de agua, mediante un modelo hidráulico aplicando el software AutoCAD versión 2023: al ser un sistema por gravedad, la toma, la captación y las líneas de conducción se diseñaron aplicando el caudal máximo diario. Las dimensiones adecuadas para las tuberías se definieron aplicando las fórmulas de Hazen y Williams. Los coeficientes máximos para la fórmula de Hazen y Williams (C) están dados en la Norma Técnica del AyA (2021).
- Volumen del tanque de almacenamiento: Se tomó en cuenta lo estipulado en la Norma Técnica (AyA, 2021).
- Presentar el presupuesto donde se integra el costo que debe asumir la ASADA para cambiar la red de conducción, la cual no cumple con la norma del AyA.
- Cotizar para la ASADA la compra de un sistema de cloración con dosificación que permita medir correctamente la cantidad de pastillas de ácido tricloroisocianúrico al 90% que deben utilizar de acuerdo con la cantidad de agua almacenada que será distribuida a las viviendas.
- Cotizar la instalación de los 3 tanques almacenamiento que fueron donados por PNUD cada uno con volumen de 22 m³.

3.4.3 Fase 3. Elaboración del manual operativo de la ASADA Buena Vista

En esta última fase se elaboró un manual operativo, considerando las mediciones, análisis y mantenimiento que requiere la captación, los tanques de almacenamiento, la red de distribución y los tratamientos necesarios para asegurar la calidad del agua, la vida útil de las obras y el servicio brindado por la ASADA; además, se determinó que es proceso necesario, sobre todo, porque los colaboradores son personas con muy poco conocimiento acerca del tema, necesitan capacitación para comprender el porqué de cada uno de estos controles.

El manual se concibe como un instrumento orientador para los trabajadores; les permitirá realizar cada paso de una forma más clara y menos complicada; de esta forma, siempre dispondrán de la información necesaria e importante para el buen funcionamiento del acueducto.

En esta fase se expuso la finalización del proyecto y se les presentó el manual operativo a los miembros de la Asociación.

El concepto del manual de la ASADA Buena Vista se operacionaliza mediante los siguientes procedimientos:

- Controles para la calidad del agua y la periodicidad que demanda la legislación vigente.
- Procedimiento correcto para mediciones de cloro residual, pH, turbiedad, temperatura in situ.
- Técnica correcta para la medición del caudal en la naciente y su periodicidad.
- Procedimiento para la correcta operación y mantenimiento de las estructuras del acueducto.
- Métodos para el mantenimiento del sistema de desinfección del acueducto.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Fase 1. Diagnóstico del sistema de abastecimiento actual ASADA Buena Vista

4.1.1 Evaluación y diagnóstico de los componentes del sistema

El recorrido realizado en el año 2020 por todo el sistema; empezando por la naciente Los Madroños hasta la última casa en la red de distribución, resultó en un total de 168 puntos georreferenciados y la descripción del estado de los componentes del sistema, lo cual permitió crear mediante QGIS el mapa del sistema (ver figura 7). También con el software AutoCAD 2023 se realizó el plano de todo el sistema actual y el perfil de la línea de conducción ver apéndices 2 y 3). A continuación, en el cuadro 5. se presenta un resumen de los componentes principales del acueducto.

Cuadro 5

Resumen componentes principales del acueducto

Componente	Caracterización
Captación: naciente Los Madroños	Altitud: 431 msnm, protegida en concreto.
Línea de conducción	Longitud: 6,8 km, material PVC y hierro, pocas válvulas ventosas.
Tanque de almacenamiento	Volumen: 53 m ³ material concreto.
Tanques donados por PNUD (3)	Volumen: 22 m ³ en desuso.
Línea de distribución	longitud: 2790 m tubería semi enterrada.
Sistema de desinfección	Tienen dos sistemas, sin dosificador, utilizan pastillas de tricloro al 90%.
Pozo El Aprecio	75 m de profundidad La bomba de impulsión presenta fallos. En desuso.

Fuente: elaboración propia

4.1.1.1 Naciente Los Madroños

La naciente Los Madroños es la principal fuente de abastecimiento de agua disponible en la comunidad, se localiza en una propiedad privada, área de bosque secundario, a una altitud de 431 msnm. Se encuentra muy lejos de actividades agrícolas, que pongan en riesgo la calidad del agua. En cuanto al entorno inmediato de la captación, se aprecia que está rodeado de vegetación, y no se observó residuos en el terreno circundante. No posee una malla de protección que impida el acceso de fauna o personas.

La captación de la naciente está protegida con una estructura de concreto, no cuenta con canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía, ni respiradero, tampoco con un adecuado sistema de rebalse (ver figura 2a). En las paredes de la captación se visualizan fugas importantes, y en el interior de la captación se observó plantas y raíces (ver figura 2b).

Figura 2

Captación en la naciente Los Madroños

a)



b)



Según los resultados obtenidos en la evaluación SERSA, la naciente tiene un nivel de riesgo intermedio.

Durante la inspección sanitaria y al aplicar la guía SERSA se determina que la naciente está expuesta a una serie de contaminantes debido la falta de medidas de protección de la infraestructura y fugas de agua que afectan el caudal, de acuerdo con el Reglamento para la calidad del agua potable es necesario disminuir el factor de riesgo realizando un plan de acciones correctivas que permita minimizar las fugas de agua y eliminar las fuentes de contaminación (Decreto No 38924-S, 2015).

Mediciones de caudal en la naciente Los Madroños

Los resultados de las mediciones de caudal hechas entre 2020 y 2023 se presentan en el cuadro 6. En la figura 3 se pueden observar el lugar donde se realizó los aforos.

Cuadro 6

Medición de caudal (promedio de 5 aforos) en la naciente Los Madroños 2020 al 2023.

Fecha	Volumen en L	Tiempo en s	Caudal en L/s
22/05/2020	20	11,2	1,7
12/09/2020 *	20	3	6,6
16/12/2021	20	3,5	5,7
16/01/2022	20	4,5	4,4
22/02/2022	20	4	5
07/03/2022	20	4	5
24/03/2022	20	4,7	4,2
15/04/2022	20	4	5
15/02/2023 *	20	7	2,8
09/03/2023	20	8,5	2,3
11/04/2023	20	7,5	2,6
27/05/2023	20	4,2	4,7
07/07/2023	20	7	2,8
Caudal promedio			4 L/s

Fuente: datos brindados por la ASADA, * Aforos realizados por las estudiantes.

Durante los meses más secos la naciente Los Madroños presenta una disminución del caudal. Se estima que su caudal mínimo anda alrededor de 1,7 L/s durante la época seca y en la época lluviosa puede tener hasta un caudal de 6,6 L/s.

Durante los meses de verano la ASADA habilita el pozo El Aprecio para contar con suficiente agua para la población.

Figura 3

Lugar a 5 metros de la naciente en donde se realizó el aforo el 09/09/2020



Con la información y datos que se obtuvieron mediante la medición del caudal en la naciente, se comprobó que, durante los meses de invierno, la captación no presenta ningún problema en cuanto a la capacidad hídrica; sin embargo, ocurre lo contrario, en los meses de verano, el caudal se ve reducido. De acuerdo con el artículo “Guanacaste en la encrucijada frente al clima” de la Universidad de Costa Rica (2019), se informa que, en esta región, cada 10 años ocurren sequías, aumentan las temperaturas, consecuencia del climático y el fenómeno del niño (patrón climático del Pacífico ecuatorial denominado Oscilación del Sur). Aunado a la presencia de los vientos alisios durante todo el año, provoca que Guanacaste sea una de las provincias más áridas de Costa Rica.

En consecuencia, la ASADA debe buscar para los meses secos, otros medios para atender la demanda de agua en la comunidad. Es de gran importancia un mejor aprovechamiento del pozo El Aprecio sienta esta la solución inmediata al problema de la falta de caudal durante los meses más secos. De acuerdo con información brindada por la ASADA, este pozo cuenta con un buen caudal, sin embargo, el pozo permanece frecuentemente en desuso por fallos en la bomba de impulsión (R. Ramos, comunicación personal, 11 de marzo, 2023).

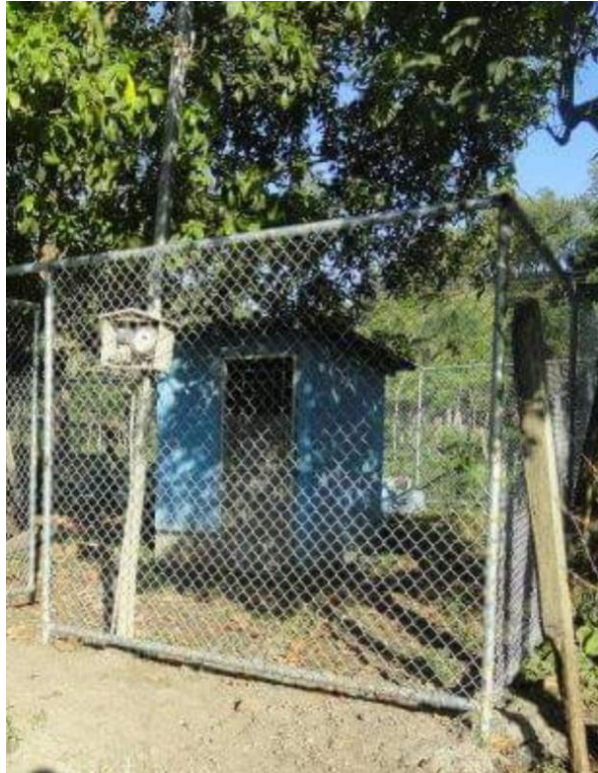
4.1.1.2 Pozo El Aprecio

El pozo El Aprecio tiene una profundidad de 75 m, y se ha utilizado como una medida de apoyo, en caso de que la naciente baje su caudal; esto sucede durante los meses de verano (febrero a junio). Se encuentra ubicado a menos de 30 m de viviendas, que por sus aguas servidas (tanques sépticos, drenajes etc) podría ser una amenaza a la calidad del agua del pozo. Actualmente la bomba de impulsión está dañada por lo que es reparada cada vez que lo consideran necesario. La tubería sale en 50 mm y llega al tanque de almacenamiento en 75 mm. El pozo cuenta con una casetilla de protección, un canal de desagüe y está rodeado con un piso de cemento (ver figura 4).

De acuerdo con la evaluación SERSA, se clasifica el pozo con un nivel de riesgo intermedio, que significa medidas de mejora. El plan remedial, requiere la compra de una bomba de impulsión idónea, para que este pueda ser usado cada vez que sea necesario, mejoras en la protección de la infraestructura y como ya ha sido mencionado tener todas las tuberías con una dimensión mínima de 100 mm (AyA, 2021).

Figura 4

Pozo El Aprecio con su casetilla de protección



4.1.1.3 Red de conducción Buena Vista

La red de conducción del sistema de captación de la naciente Los Madroños, tiene aproximadamente 10 km de recorrido, la última parte de 5 km antes el tanque de almacenamiento es la más antiguo, por lo cual es necesario remplazarla. Se observó pequeñas fugas, a lo largo del conducto. Se aprecia que todo el material es de PVC con mucha variación de diámetro en los diferentes tramos de tuberías del recorrido realizado (75 mm, 50 mm, 60 mm, 25 mm, 50 mm).

Esta red se encuentra en un bosque secundario. Algunos trazos de tubería se encuentran semienterradas; sin embargo, otra parte está totalmente al descubierto, expuesta a rupturas causadas por pisadas de ganado, esto porque atraviesa una de las zonas ganaderas; además, la tubería, pasa sobre cuatro quebradas y un río; por lo tanto, en algunas partes se encuentra elevada, en forma de puente colgante, protegido con una estructura de metal y en tubería PVC (ver figura 5) en la evaluación de la red se observó que posee válvulas de aire y purgas; se encuentran ubicadas

estratégicamente para cuando se necesite una reparación de fugas o el mantenimiento de red; sin embargo, hasta que se efectúe el análisis del perfil se determinará si son suficientes o existen faltantes. De acuerdo con SERSA la red de conducción tiene un nivel de riesgo alto.

Figura 5

Tubería aérea ubicada en río Tizate y pasos de quebrada



Según la norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial el diámetro mínimo de las tuberías debe ser de 100 mm, debe estar protegida por lo que se deben construir pasos de quebrada que eviten rupturas ya que en este momento se encuentran expuestas, es imperante que se cambien los 5 km de tubería que se ubican cerca del tanque de almacenamiento esto con la finalidad de evitar contaminación del agua y la continuidad necesaria del preciado líquido (AyA, 2021).

4.1.1.4 Tanque de almacenamiento Buena Vista

El tanque de almacenamiento de Buena Vista mide 6 m de alto por 6 m de ancho, con una capacidad de almacenamiento de $53 m^3$. La tapa tiene seguridad (candado) aunque no cuenta con canales para agua de escorrentía; se observan grietas en las paredes de la estructura, pero no tiene fugas de agua y cuenta con una malla perimetral, mas no cuenta con acera perimetral, se visualizó

que el portón tiene candado. Además, se localiza a menos de 50 m de distancia de las viviendas por lo que podrían ser fuente de contaminación. El terreno donde está ubicado el tanque posee un área de 3000 m². En cuanto a su entorno inmediato, el área se observa limpia, sin residuos de ningún tipo alrededor.

Según los resultados obtenidos en la evaluación SERSA el tanque Buena Vista tiene un nivel de riesgo intermedio.

Figura 6

Tanque de almacenamiento Buena Vista



Además de las mejoras que deben realizarse a la infraestructura actual del sistema de almacenaje es importante realizar los cálculos que permitirán conocer si el tanque actual tiene la capacidad de almacenamiento para la demanda actual y futura (AyA, 2021).

4.1.1.5 Red de distribución

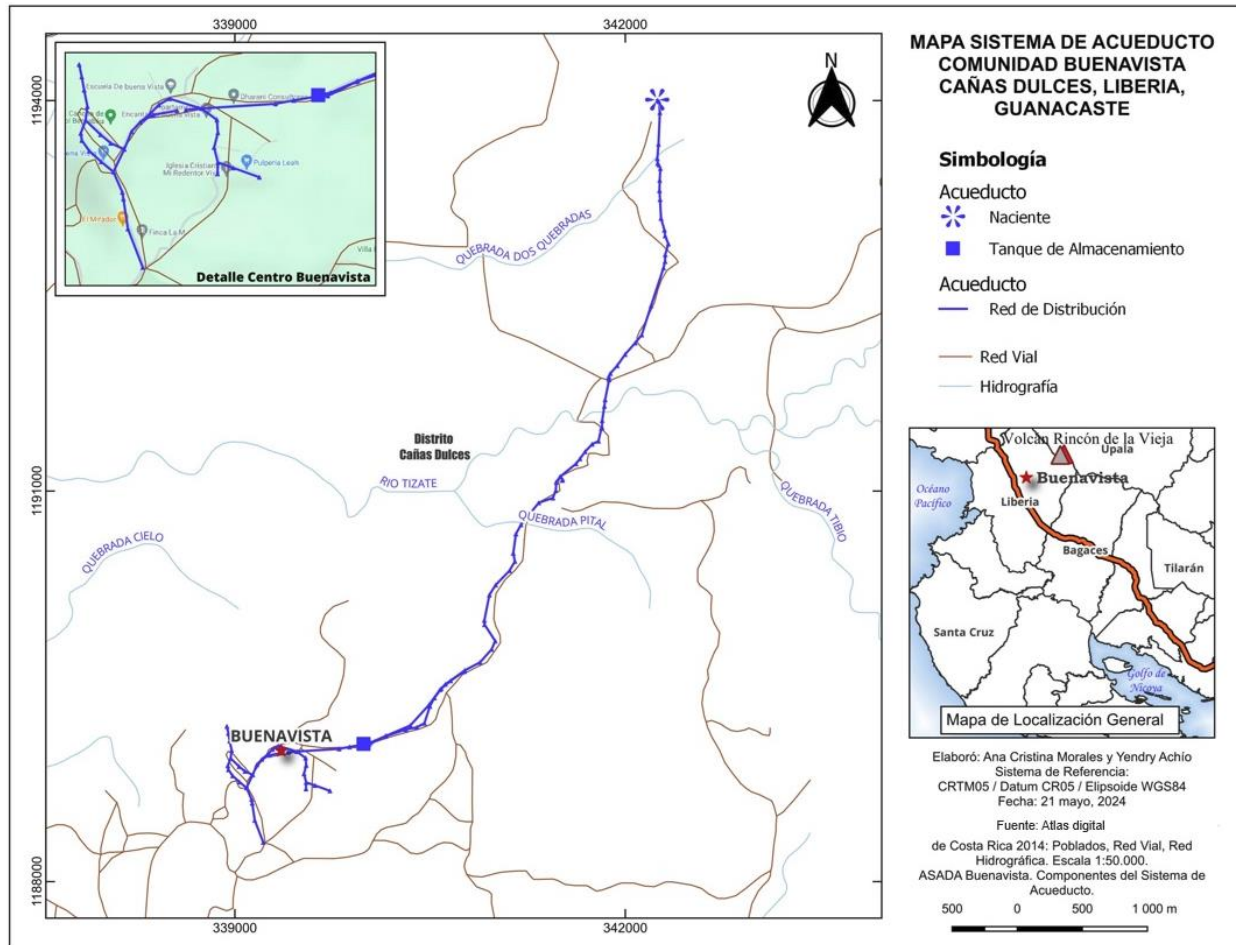
La red distribución la ASADA tiene una longitud de 2720 m, es construida en material de PVC, con tubería semienterrada, al menos 1000 m se encuentra en paso de servidumbre y tiene diferentes dimensiones (38 mm, 50 mm y 75 mm). De acuerdo con la evaluación SERSA la red de distribución tiene un riesgo alto.

Al realizar el diagnóstico de la red de distribución se comprueba que se presenta el mismo problema que se tiene en la red de conducción ya que estas no cumplen con el dimensionamiento mínimo de 100 mm, por lo que deben ir siendo sustituidas paulatinamente evitando que esto ocasione problemas en la fluides del agua que debe llegar a los hogares, además de que se debe evitar utilizar el paso de servidumbre. De acuerdo con la norma técnica del AyA las tuberías de la red de distribución deben ser ubicadas en los costados norte y oeste de las avenidas y calles respectivamente, a 1,50 m del cordón del caño y a una profundidad mínima de 0,80 m (AyA, 2021).

Seguidamente, se aprecia en la figura 7, el mapa de ubicación de los componentes del sistema ASADA Buena Vista, de Cañas Dulces de Liberia, Guanacaste.

Figura 7

Mapa de los componentes del acueducto Buena Vista



4.1.1.6 Sistema de desinfección

El acueducto utiliza un sistema de desinfección cerca de la naciente en el cual depositan tabletas de tricloro al 90%, y también directamente en el tanque de almacenamiento, sin tomar en cuenta algún método de dosificación. En la figura 8 se observa el sistema de cloración y el producto utilizado.

Figura 8

Sistema de cloración a 5 m de la naciente Los Madroños



a) sistema



b) producto

A continuación, en el cuadro 7, se presentan los datos de las mediciones de cloro residual libre, realizados durante el año 2020 como parte de esta investigación.

Cuadro 7

Resultados de la medición de cloro residual libre, entre abril y octubre 2020 (en mg/L)

lugar/mes	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept	oct	promedio	mínimo	máximo
tanque							0,61			
casa 1	0,68	0,65,	0,12	0,71	0,76	0,55	0,87	0,53	0,12	0,87
casa 2							0,78			
tanque el Cedro							0,90			
casa 3	0,54	0,50	0,70	0,69	1,56	2,5	0,51	1,00	0,50	2,5
casa 4							1,16			
Total promedio sistema								0,71	0,12	2,5

Fuente: Elaboración propia.

Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable (Decreto No 38924-S, 2015) el rango permisible para cloro residual libre es 0,3 a 1 mg/L entonces si queda claro que hubo momentos y lugares en la red con valores que no cumplieron con lo establecido, creando un sistema vulnerable en términos de amenazas por contaminación microbiológica.

4.1.1.7 Resultados de análisis de laboratorio realizados durante los años

En este apartado se presenta en los cuadros 8, 9 y 10 un resumen de los análisis realizados por la ASADA durante los últimos años.

Cuadro 8

Resumen de análisis realizados por la ASADA, año 2020, tipo N1 y arsénico

Parámetro	Naciente Madroños	Red 3 Escuela	Red 2	Red 1	Tanque	VA	VMA	Unidades
Turbiedad	0,27	0,16	-----	-----	-----	-1	5	
Temperatura	26,1	28,2	-----	-----	-----	18-30		°C
pH	6,72	6,55	-----	-----	-----	6-8		
Conductividad	152	157	-----	-----	-----	400		µS/cm
Coliformes fecales	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	ND	ND	NMP/100 mL
Escherichia coli	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	ND	ND	NMP/100 mL
Cloro Residual libre	NA	0,16	0,24	0,19	0,18	0,3-1 *		mg/L
Arsénico	ND	ND	ND	ND	ND	-----	----	µg/L

Fuente: Reportes Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) del AyA

ND: no detectable, VA: valor alerta, VMA: valor máximo admisible

* rango permisible

Cuadro 9

Resumen de análisis realizados por la ASADA, año 2022 tipo N1

Parámetro	Nac. Madroños	Tanque	VA	VMA	Unidades
Turbiedad		2,10	-1	5	
Temperatura	26,4	26,5	18-30 *		°C
pH	6,86		6-8 *		
Conductividad	126	187	400		µS/cm
Coliformes fecales	Negativo	Negativo	ND	ND	NMP/100 mL
Escherichia coli	Negativo	Negativo	ND	ND	NMP/100 mL
Cloro Residual libre	NA	0,42	0,3-1 *		mg/L
Arsénico	ND	ND			µg/L

Fuente: Laboratorio Tecnolab

NA: no analizada, ND: no detectable, VA: valor alerta, VMA: valor máximo admisible

* rango permisible

Cuadro 10

Resultados de Análisis N2 y N3 realizados por la ASADA

Parámetro / # reporte y fecha	AyA-ID-03508-2013 22-05-2013	R02-PGDT-01 29-09-2014	AyA-ID-00962-2020 28-02-2020	VA	VMA	Unidad
Alcalinidad	55		56			mg/L
Aluminio	47	<10	50,1		200	µg/L
Amonio		< 20			50	µg/L
Manganeso		< 70		100	500	mg/L
Antimonio	ND	<4	ND		5	µg/L
Arsénico	ND	< 2	ND		10	µg/L
Cadmio	ND	< 0,8	ND		3	µg/L
Calcio	14,0	< 13,3	14,3		100	mg/L
Cloruros	4,44	< 20	4,15	25	250	mg/L
Cobre	ND	< 400	ND	1000	2000	µg/L
Cromo	2	< 2	ND		50	µg/L
Dureza de calcio	35	< 1	36			mg/L
Dureza total	61	60	62	300	400	mg/L
Fluoruros	0,40	< 0,47	0,35		0,7-1,5	mg/L
Hierro	19	< 40	ND		300	µg/L
Magnesio	6,2	< 6,6	6,4	30	50	mg/L
Mercurio	ND		ND		1	µg/L
Níquel	ND	< 6	ND		20	µg/L
Nitratos	1,29	< 0,59	ND		50	mg/L
Nitritos	----	< 100	ND		100	mg/L
Plomo	4	< 1	ND		10	µg/L
Potasio	2,4	2,57	3		10	mg/L
Selenio	ND	< 0,6	ND		10	µg/L
Sodio	7	3,4	7	25	200	mg/L
Sulfatos	13,56	11,5	10,79	25	250	mg/L
Zinc	ND	50	ND		3000	µg/L

ND: no detectable

VA: valor alerta, VMA: valor máximo admisible

De acuerdo con los resultados de análisis hechos del agua en los años 2013, 2014, 2020 y 2022, no ha existido problemas en cuanto a la calidad sanitaria del agua potable en el sistema Buena Vista. Como ya fue mencionado los niveles de cloro residual libre durante el año 2020 se encontraban en algunas ocasiones fuera del rango permisible. El único dato disponible para el 2022 reflejan que el tanque si estaba bien, sin embargo, no había datos disponibles para la red. Otro detalle positivo es que los reportes de analisis indican que no hay presencia detectable de arsénico, que ha sido un elemento de contaminación relevante en aguas subterráneas en diferentes partes en Guanacaste (ver subcapítulo 1.2.2, Contexto ambiental).

4.1.1.8 Estimación de la oferta y la demanda del agua

De acuerdo con datos suministrados por la ASADA, se cuenta con 237 servicios con micro medición. Según los datos del INEC la comunidad de Cañas Dulces contaba en el año 2000 con 2635 habitantes (INEC, 2016b) en y el 2011 con 3230 (INEC, 2016a).

La dotación domiciliar

La cantidad de habitantes por casa tiene un promedio de 3,9 personas (factor hacinamiento), el dato se obtuvo de la división de la población total del censo 2011 (3230 personas) entre la cantidad de casas (836), donde cada casa consume un promedio mensual $20,2 \text{ m}^3$ (dato brindado por la ASADA), con consumo promedio por día en cada casa de 672 L (dato de la ASADA) y por persona un promedio de 172,3 L por día (*Fórmula #6*) y resumido en cuadro 11.

Cuadro 11

Dotación domiciliar de acuerdo con la micromedición

Dato	Cantidad
Consumo promedio por casa	672 L/día
Factor de hacinamiento Cañas Dulces	3,9
Dotación	172,3 L/persona día

Fuente: elaboración propia

4.1.1.9 Determinación del balance hídrico

Para determinar el balance hídrico del acueducto se realizaron los siguientes cálculos (cuadro 12):

Caudal promedio:

Se utilizó la *fórmula #2*:

$$\text{Caudal promedio diario} = \frac{\text{población} \times \text{dotación L}}{86400 \text{ s}}$$

$$\text{Caudal promedio diario} = \frac{924 \times 172,3 \text{ L}}{86400 \text{ s}} = 1,8 \text{ L/s}$$

Caudal máximo diario:

Se utilizó la *fórmula #3*:

$$Q \text{ máxdinario} = 1,2 \times Q \text{ promedio}$$

$$Q \text{ máxdinario} = 1,2 \times 1,8 \text{ L/s} = \mathbf{2,16 \text{ L/s}}$$

Caudal máximo horario:

Se utilizó la *fórmula #4*:

$$Q \text{ máxhor} = 1,8 \times Q \text{ máxdinario.}$$

$$Q \text{ máxhor} = 1,8 \times 2,16 \text{ L/s} = \mathbf{3,88 \text{ L/s}}$$

Balance hídrico:

Fórmula # 7: Balance = producción de la fuente – caudal máximo diario

Cuadro 12

Resumen datos sobre demanda y oferta del acueducto

Variables	Valor
Abonados	237
Población	924
Población a 20 años (anexo 2)	1346
Caudal promedio diario	1,8 L/s
Caudal máximo diario	2,2 L/s
Caudal máximo horario	3,9 L/s
Caudal promedio de producción la naciente Los Madroños (cuadro 5)	4 L/s
Balance hídrico	1,8 L/s

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con el análisis realizado, la naciente Los Madroños cuenta en términos generales con suficiente capacidad hídrica para solventar la demanda actual; cuenta con un balance positivo de 1,8 L/s disponible, el problema radica en la deficiente infraestructura que debe proteger y evitar las pérdidas de agua desde la naciente, además de la situación con las tuberías que no cumplen con las dimensiones reglamentarias. Asimismo, el pozo El Aprecio, utilizado durante los meses de verano debe ser renovado; se requiere colocar una bomba con la capacidad adecuada para

impulsar el agua. Este componente sería de gran ayuda para solventar los requerimientos de los habitantes de la comunidad de Buena Vista.

4.1.1.10 Capacidad de almacenamiento futuro (20 años)

Para reconocer las necesidades de almacenamiento del sistema, se debe determinar el volumen de regulación para lo que se utilizó la fórmula #9. También es necesario conocer el volumen de reserva para interrupciones; en este caso, se utilizó la fórmula #10 y, por último, el volumen para incendios el cual se encuentra normado. La sumatoria de estos, da como resultado el dato sobre la capacidad de almacenamiento necesaria (ver cuadro 13).

Volumen de regulación

Fórmula #8: Volumen de regulación = 14% del promedio futuro

Fórmula #9: Volumen promedio = $\frac{\text{personas promedio 20 años} \times \text{dotación para zonas rurales}}{\text{Litros}}$

Volumen promedio = $(1346 \text{ pers} \times 200 \text{ Lpd}) / 1000 \text{ L} = 269,2 \text{ m}^3$

Fórmula #10: Volumen de reserva por interrupciones: $\frac{\text{Volumen promedio} \times 4 \text{ horas}}{24 \text{ horas}}$

Volumen re-int = $269,2 \times 4/24 = 44,8 \text{ m}^3$

Cuadro 13

Necesidades de almacenamiento futuras (con proyección a 20 años)

Volumen de regulación de consumo	14%
Volumen promedio futuro	$(1346 \text{ pers} \times 200 \text{ Lpd}) / 1000 \text{ L} = 269,2 \text{ m}^3$
Volumen de regulación	$269,2 \text{ m}^3 \times 14\% = 37,7 \text{ m}^3$
Volumen de reserva para incendios	22 m^3 (volumen normado)
Volumen de reserva para interrupciones, 4 h	$44,8 \text{ m}^3$
Volumen necesario futuro	$104,5 \text{ m}^3$
Volumen disponible	53 m^3
Déficit futuro	$-51,5 \text{ m}^3$

Fuente: elaboración propia

Según la norma técnica del AyA (2021), los tanques de almacenamiento deben tener el volumen requerido para satisfacer las fluctuaciones horarias en el consumo de la población, la reserva para incendios y el de interrupciones; con el cálculo realizado se determinó que el tanque actual no cumpliría con la demanda futura (20 años).

Con base en la información obtenida en cuanto a capacidad de almacenamiento de la ASADA Buena Vista, se observa un déficit de $51,5 \text{ m}^3$ para la capacidad de almacenamiento futura; una ventaja con la que cuentan es la donación de 3 tanques de plástico de 22 m^3 cada uno por parte de PNUD, los cuales no se han aprovechado, según información brindada por el personal encargado, el AyA les donó la instalación de un tanque para mejorar su capacidad de almacenamiento de agua; sin embargo, la instalación del tanque no funcionó debido a un error en la ubicación, por lo tanto, actualmente, se encuentran los 3 tanques en desuso.

4.2 Fase 2. Propuestas de rediseño infraestructura del sistema de abastecimiento de agua

Las propuestas de mejora se realizaron únicamente al sistema de abastecimiento Buena Vista debido a que la ASADA indica que el proyecto de integrar los dos sistemas se pospone, ya que la comunidad del Cedro construyó un pozo y quieren independizarse de la ASADA Buena Vista.

4.2.1 Captación

La naciente Los Madroños tiene la capacidad para seguir siendo la principal fuente de captación. Al realizar el balance hídrico se comprueba que genera el caudal suficiente para la demanda actual y futura de la población en estudio; el principal problema que presenta es la fuga de agua por las diversas grietas que presenta la estructura de protección.

De acuerdo con el Sistema SERSA, la captación se considera de riesgo intermedio.

- La naciente se encuentra en una propiedad privada, la concesión del agua le pertenece al AyA, por lo que se está realizando el trámite respectivo para que mediante una reunión interinstitucional se le concesione a la ASADA el derecho de utilizar el agua para abastecer a la comunidad; de esta forma, poder realizar todas las mejoras necesarias en la captación, siendo este el principal problema, esto porque aún no se han realizado las reparaciones que les permita captar el agua necesaria.
- En cuanto a la estructura que protege la naciente, es importante anotar que presenta grietas en las paredes y raíces en la parte interna, por lo que se debe mejorar utilizando materiales que eliminen la porosidad y grietas; además, aplicar pintura impermeabilizante.
- También es preciso incorporar la construcción de canales perimetrales que permitan la desviación del agua producida por la escorrentía.
- Se debe proteger la estructura con una malla para evitar el acceso de la fauna silvestre.

4.2.2 Red de conducción

En la línea de conducción se nota la ausencia de válvulas eliminadoras de aire, así como disminución en los diámetros, lo que provoca pérdidas de carga adicionales conforme avanza al tanque de almacenamiento.

La propuesta planteada, se realiza de acuerdo con lo dispuesto en la norma técnica del AyA (2021), donde se cita que el diámetro para todo el sistema de tuberías debe tener un diámetro mínimo 100 mm (4 pulgadas).

Según lo estipulado en la normativa nacional, se realizó el presupuesto de materiales requeridos para el cambio en las tuberías de acuerdo con el diámetro correcto (Ver apéndice 7).

4.2.3 Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento de la ASADA Buena Vista tiene un volumen de $53 m^3$, está fabricado en bloque de concreto, se recomienda cubrirlo con impermeabilizante ya que presenta grietas que podrían permitir el ingreso de patógenos al agua almacenada.

De acuerdo con los datos del cuadro 12, se refleja la necesidad de aumentar la capacidad de almacenamiento del acueducto. La ASADA Buena Vista requiere instalar los tres tanques que fueron donados por PNUD o al menos 2 para que vayan mejorando paulatinamente el que ya existe. Es fundamental colocarlos en un sitio estratégico donde no haya problemas ya que el sistema utiliza la gravedad.

4.2.4 Red de distribución

La mayor parte de la red de distribución pasa por una servidumbre; por lo tanto, debe sacarse a la vía pública; También se aprecia en este estudio que las tuberías tienen diferentes dimensiones por lo que deben ser reemplazadas a un diámetro de 4 pulgadas, de acuerdo con la

normativa de AyA vigente; asimismo, de acuerdo con la ley de hidrantes se deben colocar 3 en el centro de la población.

4.2.5 Sistema de desinfección

El acueducto no cuenta con un sistema adecuado de desinfección por lo que se recomienda la compra de un dosificador para pastillas de tricloro al 90% que deberá ser instalado en el tanque de almacenamiento de agua Buena Vista.

Con respecto a la metodología que debe utilizar la ASADA Buena Vista para una adecuada desinfección, se brindó capacitación dirigida a los entes operadores del país, creado por el CIPA del ITCR, el Laboratorio de Análisis Ambiental (LAA) de la UNA, y el INISA de la UCR con base en la Guía para la optimizarlos procesos de potabilización del agua para uso y consumo doméstico (Romero-Esquivel, et al., 2021).

4.3 Fase 3. Manual de operación de la ASADA Buena Vista

La elaboración del Manual Operativo de la ASADA Buena Vista tomó como referencia los datos visualizados en inspecciones de campo, aprovechando las oportunidades de mejora, para que los encargados del mantenimiento del acueducto tengan una guía personalizada que permita solventar las necesidades basados en la reglamentación. También como se indica en el apartado de la introducción se tomó como referencia para el Manual de la ASADA Buena Vista el procedimiento utilizado por la Ing. Ivannia Garro Ureña, en su proyecto de graduación: “Diagnóstico y diseño de un plan de mejoras del sistema de abastecimiento de agua potable de la ASADA de San Antonio de León Cortés”; el cual, también incluye un manual operativo (Garro Ureña, 2017).

Con el manual operativo se pretende que el fontanero y demás miembros tengan un mejor conocimiento de los monitoreos semanales, mensuales etc. que deben llevar en la bitácora. La

finalidad del manual es facilitar los controles reglamentarios y necesarios para mantener el acueducto en óptimas condiciones (Ver apéndice 1).

También como parte de la tercera fase del proyecto, se realizó el 11 de noviembre 2023 la presentación de los resultados de la investigación y las propuestas de mejora, se hizo entrega de los planos del acueducto actual y propuesto, además del manual operativo a los miembros de la directiva (ver figura 9). En la reunión los miembros de la Asociación comentaron que en este momento han reparado la bomba de impulsión del pozo, debido a los problemas que tienen con las fugas en la naciente.

Figura 9

Presentación del proyecto a la ASADA el 11 de noviembre de 2023



Por otra parte, los miembros de la ASADA se sienten muy agradecidos con el presente trabajo debido a que gracias a nuestra colaboración obtuvieron el Permiso Sanitario de Funcionamiento del Ministerio de Salud, la topografía del acueducto y los planos de este, siendo un gran avance para ellos, ya que esto es requisito para que ORAC, PNUD, Dirección de Aguas (DA) del MINAE y AyA, trabaje en la futura donación de tubería y materiales que les permita reparar los componentes del acueducto.

V CONCLUSIONES

Uno de los aspectos prioritarios que se concluye con la realización de este proyecto, es la necesidad de mejorar toda la infraestructura del acueducto, con la finalidad de poder captar suficiente agua, evitar las pérdidas por la captación, cambiar las tuberías que no cumplen con la normativa; además, el sistema de almacenamiento debe ser ampliado por lo que es necesario colocar según la propuesta los tanques donados por PNUD que permita obtener el agua en mayor cantidad, continuidad y calidad, durante todo el año y tomando en cuenta a la población futura.

Una gran limitante actual es el hecho de que la mayor parte de la captación (naciente Los Madroños) se localiza en una propiedad privada lo cual representa inconvenientes para realizar las mejoras necesarias por la captación y en la tubería de conducción. Ante dicha limitante, han surgido conversaciones con las instituciones encargadas (ORAC, AyA, Ministerio de Salud, Dirección de Aguas), con el propósito de lograr la concesión del agua y de esta forma, realizar los cambios recomendados en la propuesta del proyecto. Este es uno de los principales problemas que enfrenta la comunidad en estudio.

El balance hídrico del acueducto, evidencia que el caudal promedio diario necesario para abastecer a la población actual es de 2,2 L/s, y la producción de la naciente es de 4 L/s en promedio este es un dato positivo, este dato significa que el sistema estaría abasteciendo plenamente, durante el periodo de invierno, no así, en verano, época en que disminuye el caudal, debido a la falta de precipitaciones y a las altas temperaturas.

En cuanto a la demanda futura, los datos arrojan la necesidad de una producción promedio futura (20 años) de 3,1 L/s, en ambos escenarios planteados, de 2,2 L/s caudal máximo diario y 3,9 L/s máximo horario, por lo que, durante la época seca, no podría brindarse la capacidad hídrica requerida.

Por otra parte, en cuanto a la calidad del agua, según los análisis aportados por la ASADA, durante los años 2020 y 2022, se identificó que el sistema de la naciente Los Madroños, evidencia, en términos generales, que los parámetros cumplen con lo establecido en el Reglamento de calidad de agua potable No. 38924-S, excepto el cloro residual libre que presenta variaciones debido a que no tienen un sistema de cloración adecuado. Y otro aspecto del reglamento que no se cumplió ha sido la frecuencia de monitoreo para el nivel primero (N1).

De acuerdo con los resultados de la evaluación, se comprobó la necesidad de mejorar el sistema de cloración del agua, debido a que carecen de un clorador con dosificación; por este motivo, las mediciones de cloro residual siempre marcan diferentes resultados; por tanto, esta acción representa un alto riesgo para la salud de los habitantes de la comunidad de Buena Vista.

En conclusión, los resultados obtenidos fueron determinantes para plantear la necesidad de rediseñar el sistema de abastecimiento de agua, idóneo y de manera permanente para la comunidad estudiada durante todo el año; además, es preciso garantizar a los habitantes que el agua es apta para consumo humano y que no habrá dificultades para realizar las actividades propias de su diario vivir.

VI RECOMENDACIONES

En primera instancia, es fundamental realizar las gestiones necesarias para que la ASADA reciba la concesión requerida que le permita captar el agua de la naciente Los Madroños, actualmente localizada en una propiedad privada.

De igual forma se debe aprovechar el pozo El Precio como fuente de agua, para que su funcionamiento sea de forma continua, comprar una bomba de impulsión idónea para el sistema; además de cuidar del mantenimiento necesario y cumplir con todas las medidas preventivas para el buen funcionamiento de esta estructura.

En cuanto al tema de los cambios en las dimensiones de la tubería de conducción, la ASADA puede ir haciendo cambios de tubería paulatinamente, de no contar con todo el presupuesto necesario para el cambio de la tubería de conducción, para lo cual se les facilitó una cotización del costo de la sustitución.

El tema de lograr reparar la infraestructura de la naciente se encuentra en negociación con las instituciones involucradas para obtener la concesión, se recomienda seguir brindando apoyo y orientación a los miembros de la ASADA en este tema.

Por otra parte, es de suma importancia aprovechar los tanques de almacenamiento donados por PNUD para ampliar la capacidad de almacenaje del acueducto; de igual forma, realizar los modelos de hidráulica respectivos para que los tanques sean instalados correctamente ya que al finalizar este proyecto no se ha realizado.

En términos del monitoreo de la calidad del agua para el nivel primero (N1) se recomienda cumplir con la frecuencia mínima de muestreo y de la cantidad de las muestras por tomar semestralmente en la fuente (1), en el tanque (1) y en la red de distribución (3) como esta indicado el decreto respectivo.

Es necesario que la administración y demás personal de la ASADA tomen en cuenta el aporte que se ha generado con este proyecto, otorgándoles planos de los componentes actuales y otro plano y perfil con la propuesta de mejora, dimensiones de tuberías, ubicación correcta de las tuberías, tanques de almacenaje e hidrantes, insumos logrados en colaboración con la empresa Hidroservicios de Guanacaste; sin duda alguna, representa un gran avance para el acueducto ya que cuentan con instituciones que desean apoyarlos (PNUD, AyA, ICE, ORAC).

Es importante que la Asociación administradora, se comprometa con la comunidad para que, en conjunto, logren realizar una gestión integral.

Por último, se recomienda a todas las entidades relacionadas con los acueductos, continúen brindando acompañamiento y asesoría a la ASADA Buena Vista, de manera que les permita cumplir con todas las propuestas de mejoras necesarias, según resultados del presente estudio.

VII BIBLIOGRAFIA

- AyA. (2019). *Manual de uso de la calculadora de Balance Hídrico para Asadas*. Obtenido de <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Manual%20Calculadora%20Balance%20Hidrico.pdf>
- AyA. (2021). *Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, sistemas de saneamiento y sistema pluvial*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Recuperado el 12 de mayo del 2022, de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=84828&nValor3=126792&strTipM=TC
- Ballesteros, M. (2009). *La prestación de los servicios de agua y saneamiento con enfoque de Gestión Integrada de Recurso Hídrico (GIRH) en Costa Rica: Situación y sistematización de algunas experiencias*. Obtenido de <http://www.alianzaporelagua.org/documentos/GIRH-Costa-Rica.pdf>
- Bartram J, Corrales L, Davison A, Deere D, Drury D, Gordon B, Howard G, Rinehold A, Stevens M. (2009). *Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/75142/9789243562636_spa.pdf
- Blanco, P. (2019). Guanacaste en la encrucijada frente al clima. *Ciencia más Tecnología*. Obtenido de <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2019/07/10/guanacaste-en-la-encrucijada-frente-al-clima.html#:~:text=Otro%20factor%20que%20incide%20en,Guanacaste%20es%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico.&text=Si%20bien%20Guanacaste%20no%20presenta,del%20agua%20de%20la%20atm%C3>
- CARE Internacional-Avina. (2012). *Programa unificado de fortalecimiento de capacidades. Módulo 5. Operación y Mantenimiento de sistemas de agua potable*. Cuenca, Ecuador <https://biblioteca.avina.net/biblioteca/operacion-y-mantenimiento-de-sistemas-de-agua-potable-modulo-5/>
- Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológico CEQIATEC. (10 de febrero de 2020). Obtenido de <https://www.tec.ac.cr/laboratorios-ceqiatec>
- Decreto Ejecutivo N° 38924-S (2015), *Reglamento para calidad de agua potable*. SINALEVI. (Versión de la norma: 6 de 6 del 09/02/2023) http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=80047&nValor3=137924&strTipM=TC

- Decreto Ejecutivo N° 42582-S-Minae (2020). *Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales*. SINALEVI.
http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=92344&nValor3=122228&strTipM=TC
- Fabregas, J. (2017). *El tratamiento de potabilización*. Obtenido de <https://www.aigues.net/el-tratamiento-de-potabilizacion>
- Garro-Ureña, I. (2017). *Diagnóstico y diseño de un plan de mejoras del sistema de abastecimiento de agua potable de la ASADA de San Antonio de León Cortés de San Antonio de León Cortés*. Proyecto de Graduación (Licenciatura en Ingeniería Ambiental), Escuela de Química, Instituto Tecnológico de Costa Rica.
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9347/diagnostico_dise%c3%b1o_plan_mejoras_sistema.pdf
- Hernández-Sampieri, R. Fernández-Collado C., Baptista-Lucio P, (2014). *Metodología de la Investigación* (Vol. 6 edición). México DF: Editorial Mexicana, Reg. Núm. 736.
- Herrera-Murillo, J., Mora-Campos, D., Suarez-Serrano A., Chaves-Villalobos M., Salas-Jiménez P., Gamboa-Jiménez A., Anchía-Leitón D. (2019). Determinación de los niveles de arsénico presentes en sistemas de abastecimiento de agua de las regiones Chorotega y Huetar Norte de Costa Rica, América Central. *Revista Geográfica de América Central*, 101-121.
<https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/26847/Determinaci%c3%b3n%20de%20los%20niveles%20de%20ars%c3%a9nico.pdf>
- INEC (2016a) Censo. 2011. Población total por zona y sexo, según provincia, cantón y distrito. Publicado: 30 de marzo 2016
https://admin.inec.cr/sites/default/files/media/replaccenso2011-03.xls_6.xls
- INEC (2016b) Censo. 2000. Población total por zona y sexo, según provincia, cantón y distrito. Publicado: 13 de abril 2016.
https://admin.inec.cr/sites/default/files/media/replaccenso2000-01_5.xls
- Instituto del Agua (2023). *Parámetros de Calidad del Agua Potable según la OMS: Guía Completa y Actualizada*. Recuperado de: <https://institutodelagua.es/calidad-del-agua/parametros-calidad-agua-potable-omscalidad-del-agua/>
- International Center for Aquaculture, (s/f). *Introducción a la captación del agua*. Arizona.edu. Recuperado el 6 de marzo de 2023, de

<https://cales.arizona.edu/azaqua/AquacultureTIES/publications/Spanish%20WHAP/GT3%20Water%20Harvesting.pdf>

Mora Alvarado D. & Portuguez C F. (2019). *Agua para consumo humano por provincias y saneamiento por regiones, manejado en forma segura en zonas urbanas y rurales de Costa Rica al 2018*. Laboratorio Nacional de Aguas, AyA.

<https://dspaceaya.igniteonline.la/bitstream/handle/aya/269/CEDO%20AyA%205252.pdf>

Moreno-Avendaño, J., Miguel Velasco A.E., Torres Valdez J.C. (2014). *El cambio climático en una comunidad originaria, Estudio de caso en Culiapam, de Guerrero, Oaxaca, México*.

Obtenido de Eumed.Net, enciclopedia Virtual: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2016/1523/recursos.htm>

Ministerio de Vivienda y Construcción y Saneamiento Gobierno del Peru. (2004). *Criterio para la seleccion de opciones tecnicas en sistemas de abastecimiento de agua*. Obtenido de

https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/saneamiento/4_Criterios_seleccin_opciones_y_niveles_de_Servic_%20sistemas_de_agua_y_saneam_zonas_rurales.pdf

Navarro-Monge, M. (2022). *Evaluación de herramientas de gestión integral de riesgo, de planes de mejora y eficiencia de acueductos desarrolladas por el AyA-PNUD, en tres ASADAS del Pacífico Norte de Costa Rica durante el año 2019*. Tesis de Grado, Universidad Nacional,

<https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/25215/Proyecto%20Graduaci%c3%b3n%20Marissa%20Navarro%20Monge%20versi%c3%b3n%20final.pdf>

OMS. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf>

OPS. (2021). *Reducción de la exposición a la contaminación del aire y agua debida a las erupciones volcánicas*. Organización Panamericana de la Salud Obtenido de

<https://www.paho.org/en/topics/volcanic-eruptions>

Programa de las Naciones Unidad para el Desarrollo (PNUD). (16 de 6 de 2020). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de

https://www.cr.undp.org/content/costarica/es/home/operations/projects/environment_and_energy/fortalecimiento-de-asadas-zona-norte.html

Rojas, J. A. (2012). *Propuesta para mejorar la gestión del acceso y calidad del sistema de abastecimiento del agua para consumo humano en la comunidad de los Angeles del Distrito*

- de Pital, San Carlos*. Obtenido de (Tesis de Licenciatura) Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional, Heredia.
- Romero Esquivel, L.G., Pino Gómez, M., Jiménez Antillón, J., Barrantes Jiménez, K., Chacón Jiménez, L.M., Mora Campos, D., Gamboa Jiménez, A., Silva Narváez, B. (2021). *Guía para la Optimización de procesos de potabilización de agua para consumo doméstico, dirigido a entes operadores en el país*. CIPA-ITCR, LAA-UNA, INISA-UCR. <https://kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/85225/Guia%20potabilizacion%20ASADAS.pdf>
- Sancho, F, Rivera, L. y Arece R. (2018). *Proceso Regional de las Americas, Foro Mundial del Agua 2018*. Obtenido de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/informe-subregional-centroamerica.pdf
- Universidad de Costa Rica. (27 de marzo de 2019). *noticias UCR*. (k. O. Coto, Editor) Recuperado el 16 de 07 de 2023, de <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2019/03/27/costa-rica-enfrento-134-conflictos-por-el-agua-en-una-decada.html>
- Universidad de Costa Rica. (10 de julio de 2019). *Suplemento C +T*. (P. B. Picado, Editor) Recuperado el 16 de 07 de 2021, de <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2019/07/10/guanacaste-en-la-enrucijada-frente-al-clima.html>
- Universidad de Costa Rica. (s.f.). *Crecimiento poblacion e interpolación*. Recuperado el 6 de 8 de 2023, de https://ccp.ucr.ac.cr/cursos/demografia_03/materia/5_crecimiento.htm
- Valverde, R. (2013). Disponibilidad, distribución, calidad y perspectivas del agua en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)*, 45 (1), 11. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.45-1.1>
- WHO (2023). Agua para consumo humano (13-09-23). Recuperado octubre 23, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

VIII APENDICES

Apéndice 1. Manual Operativo ASADA Buena Vista

Manual Operativo

ASADA Buena Vista



TFG:

Propuesta para rediseñar el sistema abastecimiento de agua potable, ASADA Buena Vista de Cañas Dulces, Liberia, Guanacaste.

Elaborado por: Ana C. Morales González

Yendry M. Achío Morales

Noviembre, 2023

Manual de operación para la ASADA de Buena Vista de Cañas Dulces

Este manual señala todo lo que debe realizarse para la operación y mantenimiento del sistema operativo de la ASADA, todo lo plasmado en el manual es regulado por Reglamento para la calidad del Agua Potable No 38924-S (la versión actual de la norma es la 6 de 6 del 09/02/2023) y Norma técnica y procedimientos para el mantenimiento de sistemas de abastecimiento de agua potable de saneamiento y pluvial del AyA (2001).

Importante detalle es que la base de este manual se tomó de la tesis de Garro (2017) de la ITCR.

Objetivo

Crear una herramienta de trabajo para la ASADA por medio de un manual de operaciones que especifique los protocolos que deben seguir en la operación y mantenimiento de los principales componentes del acueducto (captación, red de conducción, tanques de almacenamiento, sistema de cloración, red distribución) esto para que el personal de la Junta Administrativa y el equipo de fontanería se puedan guiar y, por ende, dar un mejor servicio.

Alcance

El alcance de este manual es una guía para el personal de mantenimiento (fontanero) y el comité de la ASADA.

Glosario

Según el Reglamento de Agua Potable No 38924-S.

Agua potable: significa que cumple con los parámetros máximos permitidos tanto físicos, químicos como microbiológicos, que son reglamentados por la legislación nacional y el ente regulador Ministerio de Salud.

Agua tratada: Son las aguas subterráneas o superficiales cuya calidad ha sido alterada por medio de tratamientos, incluida la desinsectación.

Control Operativo (CO): se refiere a las inspecciones que realiza la entidad a cargo de la distribución de agua para monitorear continua y sistemáticamente la calidad del suministro que brinda y a cualquier anomalía inmediatamente tomar medidas correctivas para garantizar la calidad del producto.

Desinfección del agua: Es un proceso fisicoquímico unificado que se realiza para asegurar la neutralización o destrucción de patógenos en aguas para consumo humano.

Fuente de abastecimiento: Esta definido como un espacio natural del cual se abastece a personas, debe ser estable y suficiente (agua), y pueden ser en superficie (ríos, lagos, canales, mares) y en subterráneos (pozos), el agua se puede proporcionar por gravedad o por bombeo.

Valor Alerta (VA): Son las concentraciones químicas que representan riesgos mínimos o aceptables para la salud (consumidores); son utilizada por la entidad operadora y el ente rector Ministerio de Salud antes de exceder el valor máximo permitido.

Valor Máximo Admisible (VMA): Es la concentración de una sustancia o la densidad de bacterias que hacen que los consumidores rechacen el agua.

Otros conceptos importantes relacionados con los parámetros de control que se monitorean en el acueducto son los siguientes: Potencial de hidrógeno (pH), Turbiedad, Color, Conductividad, Temperatura, Coliformes fecales y E Coli.

Control operacional y procedimientos

En este apartado se detalla la frecuencia y cantidad de muestras requeridas por cada nivel indicado en el “Reglamento para la calidad de agua potable”; así mismo, se indican los procedimientos para la medición de los diferentes parámetros de control.

Niveles de control de calidad del agua potable

Se incluye la frecuencia de muestreo y cantidad de muestras; como se establece en el Reglamento de calidad el agua potable No 38924-S los niveles de control de agua son el control operativo y cuatro niveles de control de calidad (N1, N2, N3, N4). En el Cuadro 1 se resumen los parámetros que deben realizarse en cada nivel (Decreto No 38924-S, 2015).

Cuadro 1.

Niveles de control y parámetros establecidos.

Parámetros por incluir	Control Operativo (CO)	Nivel Primero (N1)	Nivel Segundo (N2)	Nivel tercero (N3)
A. Físicoquímicos	Turbiedad	Color aparente	Aluminio	Amonio
	Olor (a)	Turbiedad	Calcio	Antimonio
	Sabor (a)	Olor (a)	Cloruro	Arsénico
	Cloro residual libre	Sabor(a)	Cobre	Cadmio
	pH	Temperatura(b)	Dureza Total	Cianuro
		pH	Fluoruro	Cromo
		Conductividad	Hierro	Mercurio
		Cloro residual libre	Magnesio	Níquel
		Cloro residual combinado	Manganeso	Nitrito
			Nitrato	Selenio
			Plomo	
			Potasio	
			Sodio	
		Sulfato		
		Zinc		
B. Microbiológicos	Coliforme fecales			
	E. Coli.			

Fuente: Reglamento de calidad del agua potable No 38924-S

El muestreo del Control Operativo (CO) de una ASADA menor a los 1000 habitantes como la de Buena Vista, debe hacerse *cada mes* y la cantidad de muestras que se deben tomar es en una en la naciente y una en la red de distribución.

Los parámetros del N1, según reglamento se deben realizar cada *seis meses*: una muestra en la naciente, una muestra por tanque, y tres muestras en la red de distribución.

Los parámetros de los N2 y N3 deben realizarse cada tres (3) años una muestra en la naciente o en la mezcla de las fuentes en el tanque de almacenamiento.

La Figura 1, muestra la frecuencia y cantidad de muestras necesarias en cada etapa del control operativo de la calidad del agua.

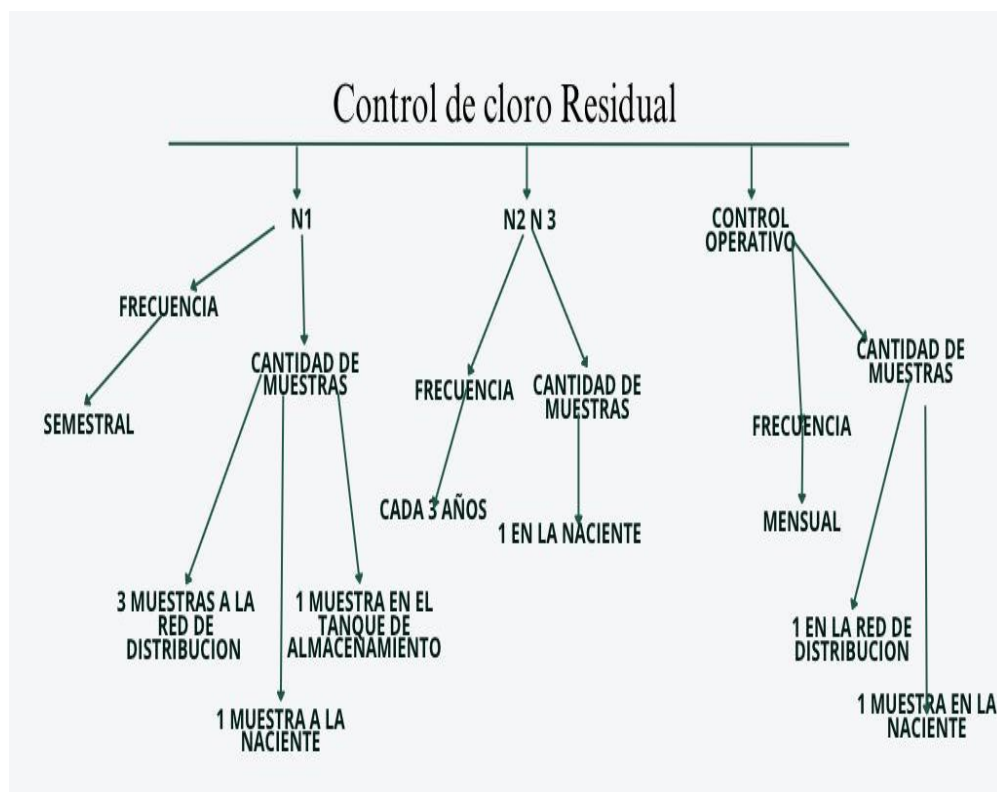


Figura 1. **Frecuencia y cantidad de muestras para el control operativo, N1, N2 y N3 para la ASADA.** Tomado del Reglamento de calidad del agua potable No 38924-S

Medición de cloro residual libre

En este punto se especifica el método para determinar el cloro residual libre en los distintos componentes del acueducto, en el agua del tanque y en diferentes partes de la red de distribución. Para medir el cloro residual se necesita el medidor de cloro, el frasco de vidrio de medición, la jeringa, de 10 mL, y la bolsita con el reactivo.

Los pasos que hay seguir son los siguientes (ver también Figura 2):

- Se lava el frasco de medición y la jeringa con el agua 5 veces.
- Se llena la jeringa con 10 mL de agua y se deposita en frasco de medición.
- Se tapa el frasco y se coloca dentro del medidor de cloro.
- Se enciende el medidor con el botón central hasta que sale en la pantalla el código **C1**.
- Se aprieta de nueva el botón y se espera hasta que en la pantalla sale el código **C2**.
- Ahora se saca el frasco y se agrega el reactivo al frasco.
- Se pone la tapa y se agita bien el frasco. El color del agua cambia a rosado.

- Se inserte de nuevo el frasco el medidor.
- Si aprieta el botón central.
- Al final se lea y apunte el dato que arroja el medidor en la bitácora de trabajo, con la fecha y el sitio donde se tomó la muestra.

Los datos obtenidos deben idealmente ser tomados en campo, y las muestras se recomienda recolectarla al inicio, en el centro y al final de la red de distribución, pero, también puede ser analizado en el laboratorio, estos resultados deben ser anotados en la bitácora de trabajo, junto con la fecha y el lugar donde se tomó la muestra.



Lavado del frasco



Se coloca el frasco en el medidor



Se agrega el reactivo al frasco

Se coloca de nuevo el frasco en el medidor



Se apunta del dato

Figura 2. Pasos de la medición de cloro residual libre.

Medición de pH

El pH se mide en el campo con el medidor de pH portátil (ver Figura 3) en el agua de la naciente, en el tanque y en algunos puntos en la red de distribución.

Los pasos para medir el pH son:

1. Se enjuaga el electrodo con agua destilada entre mediciones y se seca con papel toalla.
2. Se enciende el pH metro, se coloca el electrodo en el frasco que contiene la muestra, y se presiona el botón "Meas/Effic" y se inicia la lectura hasta que se estabilice y en la pantalla refleje la palabra "HOLD". Eventualmente se agita suavemente el electrodo en la muestra para estabilizar en un menor tiempo.
3. La medida del pH metro se anota en la bitácora de trabajo.

Hay que calibrar el medidor de pH al menos una vez al mes, con las disoluciones amortiguadoras trazables en este orden pH 7 (neutra), pH 4 (ácida) y al final pH 10 (básica), según la instrucción del equipo.



Figura 3. Medición del pH

Medición de turbiedad

La turbiedad igual se mide en el campo con un turbidímetro (ver Figura 4), mensualmente en la naciente.



Figura 4. Turbidímetro

Los pasos para medir la turbiedad en el agua con:

- Deje que la muestra alcance la temperatura ambiente.
- Mezcle bien la muestra para dispersar los sólidos.
- Espere a que desaparezcan todas las burbujas de aire visibles (unos minutos como máximo).
- Seleccione el modo de medición.
- Vierta la muestra en el frasco de medición limpio y seco. Si la muestra se encuentra asentada, mézclela suavemente para suspender los sólidos antes de verterlo en el frasco.
- Tape bien el frasco.
- Limpie la parte exterior del frasco para que no tenga huellas dactilares ni líquido, con un paño suave que no suelte pelusa o tela.
- Coloque el frasco en el aparato y tápelo.
- Presione la tecla "meas/9".
- Y apunta el dato que indica el instrumento en la bitácora.

Medición de temperatura

Este parámetro no está incluido en el control operativo que establece el “Reglamento para la calidad de agua potable”; sin embargo, la medición de la temperatura es recomendada hacerla en el agua de la naciente y del tanque de almacenamiento.

El medidor de pH indica también la temperatura (ver Figura 5).



Figura 5. Medición de pH y temperatura.

Aforo en la naciente

El aforo se hace en la tubería que sale de la naciente por lo menos una vez al mes. La medición es importante para saber cómo fluctúa la cantidad de agua disponible de la naciente. La medición se debe repetir cinco veces para sacar así un promedio.

Los pasos para realizar un correcto aforo son:

1. Días antes de la prueba se revisa y calibra el recipiente a utilizar (cubeta o tanque de 5 galones), con una probeta calibrada, para verificar que el volumen que se va a medir sea el correcto. Se procede a marcar el recipiente
2. Se debe de purgar la tubería de donde se va a realizar el aforo, esto para sacar el aire que tenga la tubería, y así tener una mejor precisión.
3. El funcionario debe mantener el cronometro (calibrado) en cero, se coloca el recipiente calibrado en la salida del flujo constante de la tubería, simultáneamente se activa el cronometro, en el momento que el flujo llegue a la marca del recipiente calibrado se desactiva el cronometro y finaliza el procedimiento.
4. El resultado de este procedimiento es volumen llenado entre el tiempo de llenado ($Q=v/t$); se debe repetir cinco (5) veces, de esta manera se verifica si el flujo es constante o variable.

Q= caudal

V= volumen (L)

T= Tiempo (s)



Figura 6. Recolección de la muestra para el aforo

Valores de alerta

Los valores de alerta para las mediciones del control operativo que debe realizar el personal operativo de la ASADA en la naciente, en el tanque de almacenamiento y en la red de distribución se detallan en el siguiente Cuadro 2.

Cuadro 2

Parámetros que deben realizarse en el Control Operativo

Parámetro	Valor de alerta (VA)	Valor máximo admisible (VMA)
Cloro Residual Libre (mg/L)	0,3	1,0
Olor	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
pH	6	8
Turbiedad	≤	5

Fuente: Reglamento para la calidad del Agua Potable No 38924-S

Cuadro 3.

Datos por incluir en la bitácora del control operativo, mensual

Fecha	Punto muestreo	Cloro residual	Olor	pH	Turbiedad	Responsable.

Fuente: Reglamento para la calidad del Agua Potable No 38924-S

Normas de seguridad en la cloración

De acuerdo con Garro (2017), cuando se realiza la colocación de las pastillas de cloro dentro del clorador o bien, la limpieza de este y también en la limpieza de los tanques de almacenamiento, se debe procurar siempre utilizar el Equipo de Protección Personal (EPP) básico: guantes, gafas y mascarilla de seguridad (Ver Figura 7).

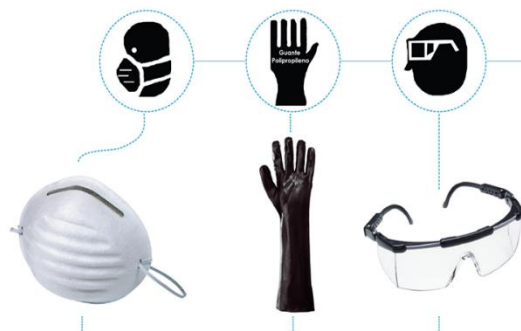


Figura 7. Equipo básico de seguridad personal para ubicar las pastillas de cloro

El almacenaje de las pastillas de ácido tricloroisocianúrico tiene que ser en un espacio con buena ventilación. Por ninguna razón, deben abrirse los recipientes que contienen las pastillas en un lugar cerrado y sin el EPP (Garro, 2017).

Medidas de primeros auxilios

En caso de que alguien resulte afectado por el contacto accidental con las pastillas de ácido tricloroisocianúrico, deben seguirse las siguientes instrucciones:

Inhalación: Debe llevarse a la persona afectada a un lugar ventilado para que pueda respirar. Si continúan los síntomas, consulte a un médico.

Contacto con la piel: Lave de inmediato, la zona de contacto con abundante agua, de continuar el área afectada con enrojecimiento consulte a un médico.

Contacto con los ojos: Lavarse con mucha agua la cara y acudir en un corto tiempo al médico.

Ingestión: Tomar de 2 a 4 vasos de leche. **NO INDUCIR AL VOMITO.** Ir al médico inmediatamente.

NOTA: La inhalación de los vapores de cloro pueden llegar a provocar edema pulmonar, por su salud y la de los colaboradores utilice siempre el **Equipo de protección personal.**

Operación y mantenimiento de las captaciones de agua

Esta sección fue basada en el Reglamento de Normas Técnicas y Procedimientos para el Mantenimiento Preventivo de los Sistemas de Abastecimiento de Agua No 2001-175 (AyA, 2001), la captación consiste en recolectar y almacenar agua proveniente de diversas fuentes para uso benéfico.

La ASADA cuenta con dos fuentes: la naciente Los Madroños y el pozo, El Aprecio, y actualmente con un tanque de almacenamiento, con la opción de una ampliación con los 2 o 3 tanques de donados por la PNUD.

Cuadro 4.

Operación y mantenimiento de la captación del acueducto.

Actividad	Frecuencia	Herramientas
Aforo volumétrico en la captación	Mensual	Bitácora de trabajo, cronómetro, recipiente calibrado, lapicero
Limpieza de malezas en los alrededores del sitio de captación	Semestral	Pala, machete, sacos o bolsas, equipo de fontanería, bitácora y lapicero
Limpieza interna de la captación (raíces, sedimentos, moho, etc.)	Trimestral	Herramientas de fontanería, balde
Examinar las tapas sanitarias de la captación	Mensual	Bitácora, lapicero
Vigilar los caños perimetrales que desvían las aguas de escorrentías	Semestral	Pala, herramientas de fontanería, bitácora, lapicero
Anotar la limpieza y mantenimiento en la bitácora, indicando fecha, hora, lugar, trabajo realizado, responsable, observaciones y firmas	In situ	Bitácora, lapicero

Tomado de Garro (2017)

Operación y mantenimiento de las líneas de conducción de agua

La línea de conducción es la tubería a través de la cual se transporta agua desde el área de captación hasta el tanque de almacenamiento. El PVC se utiliza generalmente como material.

Cuadro 5.

Operación y mantenimiento de la línea de conducción.

Actividad	Frecuencia	Herramienta
Realizar inspección general y mantenimiento de línea	Anual	Pala, machete
Hacer limpieza en la servidumbre de paso de la línea de conducción	Trimestral	Pala, machete
Reposiciones de válvulas y tuberías es mal estado	Inmediato al daño	Herramienta de fontanería
Anotar la limpieza y mantenimiento en la bitácora, indicando fecha, hora, lugar, trabajo realizado, responsable, observaciones y firmas	In situ	Bitácora, lapicero

Tomado de Garro (2017)

Observación. Si inspecciona la línea de conducción en bosque primario, trate siempre de realizar el recorrido acompañado, por el riesgo que se tiene transitar por estas zonas.

Operación y mantenimiento de la estación de cloración de agua

El sistema de cloración en tabletas permite inyectar un chorro de agua que moja las tabletas de cloro y las diluye. La solución de cloro permite destruir patógenos que pueden dañar la salud humana. Véase el siguiente cuadro 6.

Cuadro 6.

Operación y mantenimiento de la estación de cloración del agua.

Actividad	Frecuencia	Herramientas
Mantenimiento preventivo en la limpieza del clorador.	Mensual	Bitácora de trabajo, herramienta de fontanería lapicero.
Aforo del caudal de la solución que se hace de cloro.	Mensual	Cronometro, recipiente calibrado, bitácora y lapicero
Colocación de la pastilla de cloro	Semanal	Guantes, gafas, mascarilla de seguridad.
Anotar la limpieza y Mantenimiento en la bitácora, indicando fecha, hora, lugar, trabajo realizado, responsable, observaciones y firmas	In situ	Bitácora, lapicero.

Fuente: Elaboración propia

Lavado de tanque de almacenamiento

Para el lavado y limpieza del tanque se deben de seguir los siguientes pasos:

Previo al lavado

- El día antes del lavado del tanque de almacenamiento se debe cerrar la válvula de entrada de agua al tanque, esto para que los usuarios consuman el agua almacenada.
- El personal encargado debe utilizar guantes, mascarilla de doble filtro, gafas de seguridad, botas plásticas.
- Verifique el estado interno del tanque y de las válvulas de entrada y salida del tanque, si se observa alguna irregularidad se anota y reporta en la bitácora de trabajo.
- Abra la válvula de entrada de agua al tanque donde se obtenga una altura de 10 a 20 cm de agua para iniciar el lavado, una vez que tenga aproximadamente esa cantidad cierre nuevamente la válvula de entrada de agua.

Limpieza y lavado

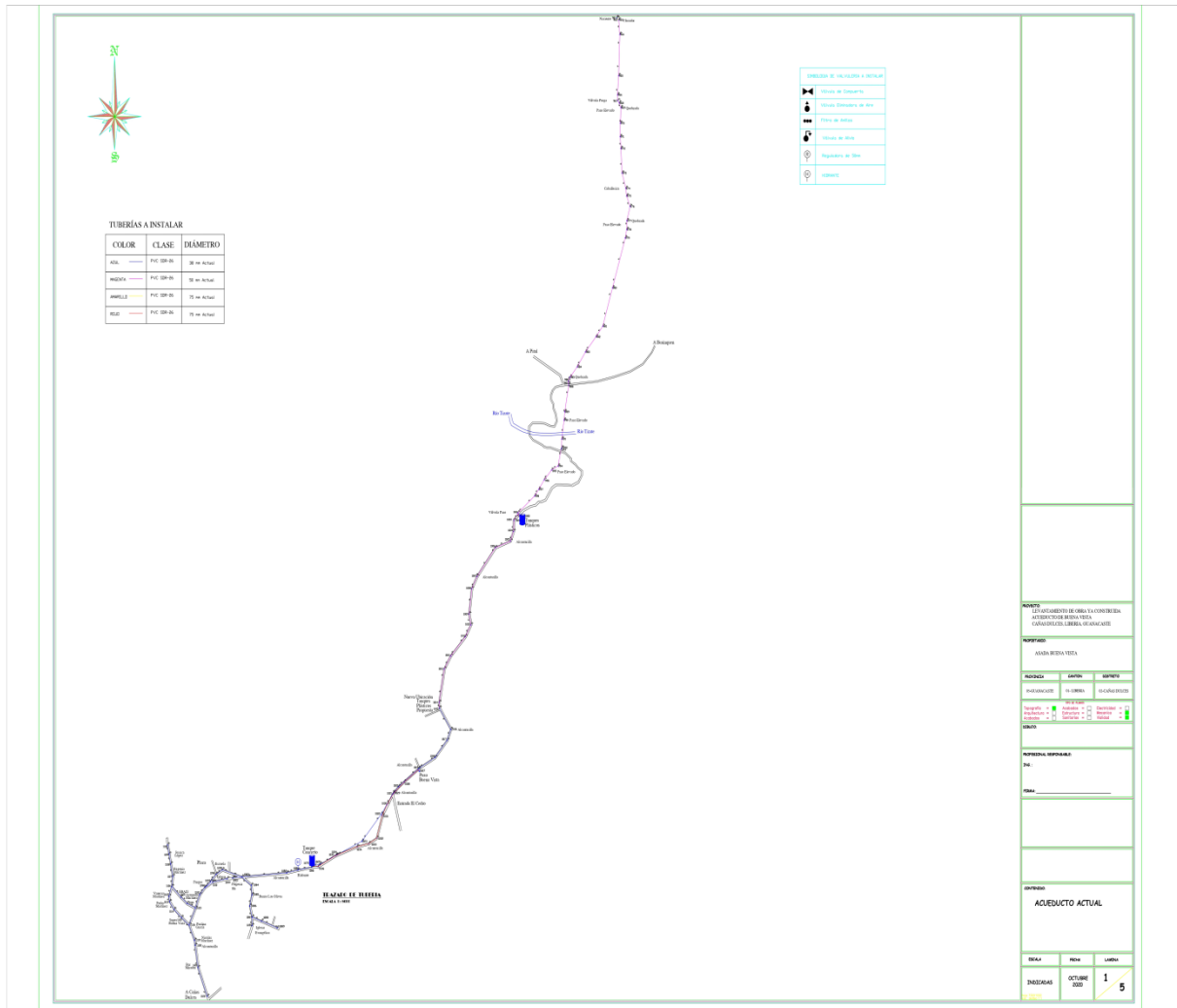
- Con agua en el fondo del tanque se comienza a lavar el tanque con las paredes internas y luego con el fondo.
- Se abre tanto la válvula de entrada como la de salida para permitir el ingreso y salida del agua, esto para que el tanque se enjuague, asegure el tiempo de ingreso del agua para que se puedan remover todos los sólidos que este contenga.

Por otra parte, se debe recordar que todo el personal involucrado en la limpieza y lavado del tanque antes (previo al lavado) y durante esta actividad deben utilizar el Equipo de Protección personal (EPP) por seguridad (gafas de seguridad, mascarilla con doble filtro, guantes y botas de hule) (AyA, 2001).

Referencias Bibliográficas

- AyA (2001). *Reglamento de normas técnicas y procedimientos para el mantenimiento preventivo de los sistemas de abastecimiento de agua No. 2001-175*. Diario Oficial La Gaceta No. 154 de 13 de agosto del 2001. Recuperado 19 de noviembre de 2023, de <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Reglamento%20de%20Normas%20T%C3%A9cnicas%20y%20Procedimientos%20Preventivo%20de%20Sistemas%20de%20Agua%20Potable.pdf>
- Decreto Ejecutivo N° 38924-S (2015), *Reglamento para calidad de agua potable*. SINALEVI. (Versión de la norma: 6 de 6 del 09/02/2023).
http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=80047&nValor3=137924&strTipM=TC
- Garro, I. (2017). *Diagnóstico y diseño de un plan de mejoras del sistema de abastecimiento de agua potable de la ASADA de San Antonio de León Cortés*. Proyecto Final de Graduación Licenciatura en Ingeniería Ambiental, ITCR, Cartago. Recuperado 19 de noviembre de 2023.
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9347/diagnostico_dise%c3%b1o_plan_mejoras_sistema.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Apéndice 2. Plano realizado en AutoCAD del acueducto actual.



Apéndice 6. Cotización instalación sistema de cloración en tanque de almacenamiento



AQUAMBIENTE
 INGENIERIA DE AGUAS - EQUIPOS DE BOMBEO
 SERVICIOS, MANTENIMIENTO, INSTALACION,
 EQUIPOS Y MATERIALES PARA PISCINA
 CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Telefax: 2666-0860
 8383-3199
 Apdo. 138-5000
 Avenida 25 de Julio
 Liberia -Gte.

Atención:		PRESUPUESTO.	
ASADA BUENA VISTA			
Fecha: Setiembre 2023			
DE: Hidroservicios de Guanacaste S.A.			
	PRESUPUESTO		
Cantidad	ACTIVIDAD	UNITARIO	TOTAL
	Tanque distribución .		
1	Valvuleria	\$1 500	\$1 500
4	Losa de Concreto 8 m x 3 m x 0,15 m	\$550	\$2 200
2	Boya de 75 mm	\$400	\$800
2	Instalación	\$2 000	\$4 000
1	Sistema de Cloración con Tabletas de Hipoclorito de Calcio en Tanque de Distribución	\$2 000	\$2 000
		SUBTOTAL	\$10 500
		IVA	\$1 365
	GRAN TOTAL	TOTAL	\$11 865
	I Dólar = 540 Colones		\$6 407 100

Apéndice 7. Cotización instalación de 2 tanques de almacenamiento de 22.000 L.



AQUAMBIENTE
 INGENIERIA DE AGUAS - EQUIPOS DE BOMBEO
 SERVICIOS, MANTENIMIENTO, INSTALACION,
 EQUIPOS Y MATERIALES PARA PISCINA
 CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Telefax: 2 666-0860
 8383-3199
 Apdo. 138-5000
 Avenida 25 de Julio
 Liberia -Gte.

Atención:
ASADA Buena Vista

PRESUPUESTO.

Fecha: Setiembre del 2023

DE: Hidroservicios de Guanacaste S.A.
 Instalación 2 tanques de almacenamiento de 22000 L

Cantidad	Descripcion	Precio/u	Valor
	Tanques		
2	Valvuleria para tanques	¢500 000	¢1 000 000
2,7	Losa de Concreto 3 m x 3 m x 0,15 m	¢300 000	¢810 000
2	Boya de 50 mm	¢150 000	¢300 000
2	Instalación	¢250 000	¢500 000
		SUB TOTAL	¢2 610 000,00
		IVA	¢339 300,00
		TOTAL	¢2 949 300,00

Apéndice 8. Cotización presupuesta para la instalación de línea de conducción

Atención:		PRESUPUESTO.	
ASADA BUENA VISTA			
Fecha: Junio 2023			
DE: Hidroservicios de Guanacaste S.A.			
PRESUPUESTO LÍNEA DE CONDUCCIÓN			
Cantidad	ACTIVIDAD	UNITARIO	TOTAL
Línea de Distribución 75mm PVC SDR-26			
300	Tubo PVC SDR-26 de 75mm Junta Rápida	€35 000	€10 500 000
3	Codos 90° lisos de 75mm, ced 80	€20 000	€60 000
10	Codos 45° lisos de 75mm, ced 80	€28 000	€280 000
3	Tee SCH 80 75mm PVC	€28 000	€84 000
8	Sacos cemento	€8 400	€67 200
1	m3 de Piedra	€33 600	€33 600
1	m3 de arena	€33 600	€33 600
2	Interconexión	€195 100	€390 200
1700	ZANJEO, m	€2 700	€4 590 000
1700	MANO DE OBRA, m	€1 950	€3 315 000
		TOTAL	€19 353 600
VÁLVULAS DE COMPUERTA DE 75MM			
3	Válvula HF 100 mm, Con Bridas, completa	€150 000,00	€450 000,00
3	Cubre válvula HF	€50 000,00	€150 000,00
3	Niple PVC 150mm PVC	€25 000,00	€75 000,00
3	ZANJEO	€54 000,00	€162 000,00
3	INSTALACIÓN	€54 000,00	€162 000,00
		TOTAL	€999 000,00
VÁLVULAS ELIMINADORA DE AIRE			
3	Válvula eliminadora de aire PVC, Marca JINTEM, 50 mm	€65 000	€195 000
3	Silleta 75 x 50 mm	€15 000	€45 000
3	Tubo 50mm PVC SDR 26	€22 000	€66 000
3	Válvula de Bola, 50 mm. PVC Ced 80.	€10 000	€30 000
3	Niple PVC 200 mm x 1.0 m	€31 860	€95 580
3	Tapon sanitario 200mm	€22 680	€68 040
3	Adaptador Hembra 50 mm PVC CED 80	€10 000	€30 000
3	ZANJEO	€54 000	€162 000
3	INSTALACIÓN	€54 000	€162 000
		TOTAL	€853 620

	Válvulas de Purga		
5	te PVC Cédula 80 75 mm	€25 000	€125 000
5	Tubo PVC SDR-26 de 75mm Junta Rápida	€35 000	€175 000
5	Válvula de compuerta HF 75mm con flanger, empaques y tornillos, niple de 150 mm y cubre válvula	€210 000	€1 050 000
5	Codos 90° lisos de 75mm, ced 80	€20 000	€100 000
5	ZANJEO	€54 000	€270 000
5	INSTALACIÓN	€54 000	€270 000
		TOTAL	€1 990 000
3	Paso de Alcantarilla	€1 000 000	€3 000 000
1	Paso de Puente Rio Tizate	€2 500 000	€2 500 000
1	Interconexiones	€300 000	€300 000
1	Reubicación de tanques de Almacenamientos	€1 500 000	€1 500 000
		SUBTOTAL	€30 496 220
		IVA	€3 964 509
	GRAN TOTAL	TOTAL	€34 460 729

IX ANEXOS

Anexo 1. Formularios SERSA utilizados

Formulario para el diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua de la Asada Buena Vista tomando como guía el formulario de inspecciones sanitarias a los acueductos del Ministerio de Salud.

Inspección Sanitaria – Ficha de Campo: FUENTES
Dirección Regional Rectora de Salud: _____ NO APLICA _____
Dirección de Área Rectora de Salud: _____ NO APLICA _____
Nombre del acueducto: _____ ASADA BUENA VISTA _____
Ente administrador: _____ ASADA BUENA VISTA _____
Fecha de inspección: _____ Hora : _____
Nombre del funcionario del Ministerio de Salud: _____
Motivo de inspección: Vigilancia () Seguimiento () Denuncia () Brote epidémico () Otro () _____
Tipo de captación (según el tipo de captación debe aplicar la ficha correspondiente y una ficha por cada captación):
() Captación de agua superficial mediante represas o diques (Aplicar ficha 1)
(X) Captación de manantiales o nacientes (aplicar ficha 2)
() Captación de aguas subterráneas mediante pozos (Aplicar ficha 3)
Cumplimiento de Requisitos:
1. Naciente o captación de agua registrada en MINAET: Si (X) No ()
2. ¿Programa de control de calidad del agua vigente? Si (X) No () (Determinar situación y preparar reporte con acciones correctivas para poner en regla el PCA).
3. ¿Permiso de funcionamiento vigente? Si (X) Fecha de vencimiento: _____ , No () Proceder con reporte indicando acuerdo de plan para el otorgamiento o renovación de permiso de funcionamiento.
4. ¿Se lleva bitácora de resultados de análisis de calidad del agua? Si (X) (revisar evidencia del cumplimiento), No () Elaborar reporte indicando el requerimiento de cumplir con requisito de la bitácora.
Luego de revisar el cumplimiento de requisitos, se procede a llenar la ficha de campo que corresponda según la fuente para detectar los factores de riesgo.

FICHA DE CAMPO 1

TOMA DE AGUA SUPERFICIAL (Río, Quebrada, otro)

I-) INFORMACION GENERAL

Fecha: _____ Hora: _____

Nombre acueducto: _____

Nombre de la captación: _____

Número de registro en MINAE: _____

Encargado del acueducto: _____

Teléfono: _____

Nombre del funcionario del Ministerio de Salud.:

Frecuencia de limpieza:

Diario () Semanal () Mensual () Nunca ()

Otro () Especificar: _____

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Identificación de Factores de Riesgo en la Toma de Agua Superficial

No

Si

1. ¿Está la captación fuera de un área protegida o zona de conservación?
2. ¿Está la toma de agua desprovista de infraestructura que la proteja?
3. ¿Está el área alrededor de la toma sin cerca, o malla de protección?
4. ¿Existe actividad agrícola, ganadera, industrial o desarrollo habitacional, que descarguen sus residuos aguas arriba de la captación de agua? (**crítica**).

5. ¿Existe alguna otra fuente de contaminación alrededor de la toma (tanques sépticos, animales, viviendas, basura o actividad industrial) (crítica)?		
6. ¿Tienen las personas y animales acceso a la captación del río? (crítica).		
7. ¿Están las rejillas de la toma en malas condiciones (ausentes, quebradas y otros)?		
8. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas y otros) obstruyendo las rejillas de la toma?		
9. ¿Existen condiciones de deforestación y erosión en los alrededores de la toma?		
10. ¿Está ausente el desarenador después de la toma de agua?		
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de “Si”)		

FICHA DE CAMPO 2

CAPTACIÓN DE NACIENTES O MANANTIALES

I-) INFORMACION GENERAL

Fecha: _____ Hora _____

Nombre Acueducto: _____

Nombre de Naciente o Manantial: _____

Número de registro en MINAET: _____

Encargado del Acueducto: _____

Teléfono: _____

Nombre del Funcionario M.S.: _____

Captación: Caseta () A nivel ()

Enterrada () Semi-enterrada ()

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Identificación de Factores de Riesgo en la Naciente o Manantial	No	Si
1. ¿Está la naciente sin malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación? (crítica) 2. ¿Está la naciente desprotegida abierta a la contaminación ambiental? (sin caseta o sin tanque de captación). 3. ¿Está la tapa de la captación construida en condiciones no sanitarias? 4. ¿Están las paredes y la losa superior de la captación con grietas? 5. ¿Carece de canales para desviar el agua de escorrentía? (crítica) 6. ¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección? 7. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro de la captación de la naciente? 8. ¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de la captación? (crítica) 9. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si en el entorno inmediato existen letrinas, animales, viviendas, basura). 10. ¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial? (crítica)		
TOTAL FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de “Si”)		

Fuente: Ministerio de Salud 2023

Anexo 2. Tabla crecimiento poblacional, distrito de Cañas Dulces

Año	Incremento anual	Porcentaje de crecimiento	Total población anual
2023	924		924
2024	18	1.90%	942
2025	18	1.90%	959
2026	18	1.90%	978
2027	19	1.90%	996
2028	19	1.90%	1015
2029	19	1.90%	1034
2030	20	1.90%	1054
2031	20	1.90%	1074
2032	20	1.90%	1095
2033	21	1.90%	1115
2034	21	1.90%	1137
2035	22	1.90%	1158
2036	22	1.90%	1180
2037	22	1.90%	1203
2038	23	1.90%	1225
2039	23	1.90%	1249
2040	24	1.90%	1272
2041	24	1.90%	1297
2042	25	1.90%	1321
2043	25	1.90%	1346

Fuente: Hidro Servicios de Guanacaste

Anexo 3. Resultados de análisis del agua de la ASADA

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados Laboratorio Nacional de Aguas		Análisis Microbiológico			
Sistema: BUENAVISTA DE CAÑAS DULCES DE LIBERIA		Solicitado por: DIVISION DE ACUEDUCTOS		Recolección: 19/02/2020	
Canton: LIBERIA		Recolectado por: MICHAEL HERNÁNDEZ		Conclusión análisis: 21/02/2020	
Provincia: GUANACASTE		Localización: 5-01-02		Número reporte: 154488	
				Emisión reporte: 02/03/2020	
PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/L	COLIFORMES * 100 ml ¹		MAP @ 66.7 °C
			TOTALES	FECALIS	
NACIENTE FINCA LOS MADREÑOS <i>Línea de conducción</i>	8:20			Negativo	Negativo
TANQUE DE DISTRIBUCIÓN 1 <i>Primer caudal</i>	8:35	0,18		Negativo	Negativo
Red:					
RED 1 <i>Dn. Doroteo Miranda Miranda</i>	8:50	0,16		Negativo	Negativo
RED 2 <i>Dn. Manuel Estrella Berrios</i>	9:00	0,24		Negativo	Negativo
RED 3 <i>Escuela Buena Vista de Colón</i>	9:10	0,19		Negativo	Negativo
RED 4 <i>Ciudad ASADA</i>	9:20	0,23		Negativo	Negativo
<p>1- Orden: 0922-2020, ID. 00963-2020 IR 2- Reporte de campo: correo: buena.vista.asaden@hotmail.com</p> <p>3-Criterio de evaluación: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo No. 38924-S. Valor alerta y valor máximo admisible: negativo por coliformes fecales y E. coli. 4- En este análisis puntual, las determinaciones efectuadas cumplen con el Decreto Ejecutivo 38924-S Reglamento para la Calidad del Agua Potable. 5- Se recomienda mantener un residual mínimo de 0,3 mg/L de cloro en los puntos más distales de la red de distribución.</p> <p style="text-align: center;"> PABLO CESAR RIVERA NAVARRO (FIRMA) </p> <p style="text-align: center; font-size: small;"> Firmado digitalmente por PABLO CESAR RIVERA NAVARRO (FIRMA) Fecha: 2020.03.02 11:05:18 -0500 </p>					
PROFESIONAL RESPONSABLE			AREA MICROBIOLOGIA		

Vigilamos la calidad del agua por su salud



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00963-2020

INFORME DE RESULTADOS
AYA-FPT-0118

Tros Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 2279-5118
Fax: (506) 2279-5973
e-mail: dnoraj@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º LE-049
Acreditado a partir de: 11/02/2008
Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	DIVISION ACUEDUCTOS RURALES		Proc. muestreo	AYA-PT-019-	
Contacto:	Sra. Cecilia Martínez Artavia		Muestreado por	Hernández Miraut	
SISTEMA:	BUENAVISTA DE CAÑAS DULCES DE LIBERA		Fecha de muestreo	19-feb.-20	
			Fecha de ingreso :	20-feb.-20	
Muestreo:	RED 3		Fecha de Reporte:	28-feb.-20	
Dirección:	ESCUELA BUENA VISTA DE CAÑAS		Inicio Análisis MIC:	20-feb.-20	
			Teléfono:	242-5266	
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	LIBERIA	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	cmartinez@aya.go.cr	Fax:	242-5223	Hora de recolección:	09:10

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VA	VMA	UNIDADES	METODO
Alcalinidad	*	58	1,0	2,0	3,0			mg/L	2320
Aluminio	*	67,2	11,3	21,2	24,0		200	µg/L	3125 B Mo
Amonio	*	N.D.	0,10	0,1	0,15	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	*	15,2	1,0	1,5	2,0		100	mg/L	3500-Ca B
Cloro Residual Libre	*	0,19	0,02	0,02	0,05	0,3	0,6	mg/L	4500-Cl G
Cloruros	*	4,20	0,81	1,10	1,30	25	250	mg/L	41108 Cro
Cobre	*	N.D.	11,3	21,2	24,0	1000	2000	µg/L	3125 B Mo
Coliformes fecales	*	Negativo				Negativo	Negativo	NMP/100 mL	9223 B
Color Aparente	*	5	1,0	2,0	4,0	5	15	UPt-Co	2120 C
Conductividad	*	157	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	*	38	2,0	2,0	3,0			mg/L	3500-Ca D
Dureza Total	*	66	2,0	2,0	3,0	300	400	mg/L	2340 C
E.coli	*	Negativo				Negativo	Negativo	NMP/100 mL	9223 B
Fluoruros	*	0,34	0,027	0,040	0,100		0,7-1,5	mg/L	41108 Cro
Hierro	*	D.	11,3	21,2	24,0		300	µg/L	3125 B Mo
Magnesio	*	6,8	0,10	0,50	1,0	30	50	mg/L	3500 B
Manganeso	*	N.D.	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	*	D.	0,53	0,81	1,40		50	mg/L	41108 Cro
Nitritos	*	N.D.	0,026	0,040	0,10		0,1	mg/L	41108 Cro
Olor	**	Aceptable	N.A.	N.A.	N.A.	Aceptable	Aceptable		2150 B
pH	*	6,55	0,10	0,10	0,20	6,0-8,0			4500-H+
Plomo	*	1,7	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Potasio	*	2,9	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	*	6,8	1,9	2,0	2,5	25	200	mg/L	3500-Na B
Sulfatos	*	10,80	0,79	0,81	1,60	25	250	mg/L	41108 Cro
Temperatura	*	28,2	0,10			18 a 30) °C		°C	2550 B

Página 1 de 2	Rige: 16/01/17 AYA	Aprobado por: Dr. Darner Mora Alvarado
---------------	-----------------------	---



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00962-2020

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tras Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 2279-5118
Fax: (506) 2279-9973
e-mail: dnoson@aya.go.cr



PARAMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VA	VMA	UNIDADES	METODO
Turbiedad	*	0,27	0,10	0,12	0,15	<1	5	UNT	2130 B
Zinc	*	N.D.	11,3	21,2	24,0		3000	µg/L	3125 B Mo

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

VA.: Valor Alerta del Decreto Ejecutivo 38924-S

VMA.: Valor Máximo Admisible del Decreto Ejecutivo 38924-S

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater o un método oficial.

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Observaciones de Campo:

Observaciones:

En este análisis puntual, las determinaciones efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

Regla de decisión del Laboratorio Nacional de Aguas

-Cuando el resultado del ensayo sea igual o inferior al Valor Absoluto del Ministerio de Salud, únicamente se tomará en cuenta la incertidumbre hacia abajo, por lo cual el resultado siempre cumplirá con el reglamento respectivo.

-Cuando el resultado del ensayo sea superior al Valor Absoluto del Ministerio de Salud, únicamente se tomará en cuenta la incertidumbre hacia arriba, por lo cual el resultado siempre incumplirá con el reglamento respectivo.

Esta Regla de Decisión conlleva la posibilidad de que el resultado flucúe dentro de un límite debido a la incertidumbre asociada a cada método (álgebra estadística).

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

MSc. Nuria Ma. Alfaro Herrera
Jefe del Laboratorio Química

Página 2 de 2	Rige: 16/01/17 AYA	Aprobado por: Dr. Damer Mora Alvarado
---------------	-----------------------	--

MINISTERIO DE SALUD
AREA RECTORA DE SALUD DE LIBERIA

31 JUL 2023

LABORATORIO ACREDITADO INTE/ISO/IEC-17025

TecnoLab
SOLUCIONES INTEGRALES



UNIDAD DE ATENCIÓN AL CLIENTE
Recibido por: *[Signature]*

ECA

Somos esencial COSTA RICA

Sanidad Ambiental Ecologica COSTA RICA

PYME

TDP-FPT-015B
Version 4

Laboratorio de Ensayo
Acreditación N° 14-180
Acreditado a partir de: 2021.11.24
Código acreditación: 11. Ensayo (Sistema de Gestión de Calidad)
Alcance disponible en: www.eca.or.cr

INFORME DE RESULTADOS

Número Informe: **TDP-ID-1327-2023**

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	Asada de Buena Vista	Plan de Muestreo:	280
Contacto:	Laura Medina	Proc. muestreo:	TDP-PT-018
Razón Social:	Asociación Administradora Del Acueducto Y Alcantarillado Sanitario De Buen	Muestreado por:	Wilson González González
Cédula:	3-002-424151	Fecha de Muestreo:	29/6/2023
Dirección:	Continuo al Ebals de Buena Vista	Hora Inicial de Muestreo:	09:51 a. m.
Teléfono:		Hora Final de Muestreo:	09:51 a. m.
Celular:	(506) 8-686-9224	Fecha de Recibido:	29/6/2023
e-mail:	buena.vista.asada@gmail.com	MATRIZ:	Agua Subterránea
Cond. Ambientales:	Aptas, Soleado.	Tipo de Análisis:	Potable N1
LUGAR DE MUESTREO:	Agua de Pozo Buena Vista	Analizado por:	Linsay Brenes Chaves
		Fecha de Analisis:	29/6/2023
		Fecha de Reporte:	17/7/2023
		Tipo de Muestreo:	Simple

RESULTADOS ANALISIS

ID RE.	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	VA	VMA	REF
AB-01	- Nivel 1								
AB-01	Cloro Residual Libre	N.D.	mg/L	0,03	0,03	0,10	0,3	0,6	SM-4500CL-G*
AB-01	Color Aparente	N.D.	Pt-Co	0,15	1,00	3,00	<5	15	SM-2120-C**
AB-01	Conductividad	170	µS/cm	11	10	34	400		SM-2510-B*
AB-01	Olor	Acceptable					Acceptable	Acceptable	SM-2150-A**
AB-01	pH	6,88	Unidades de pH	0,11	4,01	4,01	6,0	8,0	SM-4500-H*B*
AB-01	Temperatura	26,1	°C	0,13	15,0	15,0		18 a 30	SM-2550-B*
AB-01	Turbiedad	0,17	NTU	0,04	0,02	0,10	1	5	SM-2130-B*
AB-01	Coliformes Fecales	Ausente <1	UFC/100mL	0	0	0	Ausente		SM-9221**
AB-01	Escherichia coli	Ausente <1	UFC/100mL	0	0	0	Ausente		SM-9221**

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza
 LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado. LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado.
 N.D.: No detectable bajo el límite de detección. D.: Detectable pero no cuantificable.
 VMA: Valores Máximos Admisibles según el Reglamento sobre manejo de Piscinas, Decreto N° 35309-S del Ministerio de Salud.
 REF: Referencia del Método Utilizado, Standard Methods of Water and Wastewater 23 RD Edition 2017
 Ensayos Acreditados *, Ensayos No Acreditados **, Ensayos Referidos ***, Ver Alcance en www.eca.or.cr
 Permiso de Funcionamiento del Ministerio de Salud: DARS-SC-2018-0563, Vence al 17 de diciembre del 2023
 Cuando el Cliente es responsable del muestreo el Laboratorio se exime de toda responsabilidad y los resultados aplican a la muestra como se recibió.

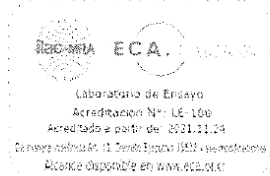
Observaciones:
 Desde el punto de vista Físico Químico y Microbiológico Cumple con el Reglamento del Ministerio de Salud N°38924-S, para Nivel 1.

[Signature]
 Lic. Hernán Diego Arroyo Bravo
 Regente del Laboratorio
 Código: 2484



[Signature]
 Dr. Brandon Jiménez Zeledón
 Regente de Laboratorio Microbiológico
 Código: MQC-2192

Elaborado e Impreso por: TECNOLAB Página 1 of 8	LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO CONFIDENCIAL	Tecnoindustria del Pacífico TDP SRL 3-102-753855 info@tecnolabcr.com
Dirección: 150 mts Este del Supermercado CAMAN, Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica, www.tecnolabcr.com, Teléfonos: (506) 4030-6879		



INFORME DE RESULTADOS

Número Informe: **TDP-ID-1331-2023**

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	Asada de Buena Vista
Contacto:	Laura Medina
Razón Social:	Asociación Administradora Del Acueducto Y Alcantarillado Sanitario De Buen
Cédula:	3-002-424151
Dirección:	Continuo al Ebais de Buena Vista
Teléfono:	Celular: (506) 8-686-9224
e-mail:	buena.vista.asada@gmail.com
Cond. Ambientales:	Aptas, Soleado.
LUGAR DE MUESTREO:	Agua de Naciente Madroño

Plan de Muestreo:	280
Proc. muestreo:	TDP-PT-018
Muestreado por:	Wilson González González
Fecha de Muestreo:	29/6/2023
Hora Inicial de Muestreo:	10:40 a. m.
Hora Final de Muestreo:	10:40 a. m.
Fecha de Recibido:	29/6/2023
MATRIZ:	Agua Superficial
Tipo de Análisis:	Potable N1
Analizado por:	Linsay Brenes Chaves
Fecha de Análisis:	29/6/2023
Fecha de Reporte:	17/7/2023
Tipo de Muestreo:	Simple

RESULTADOS ANALISIS

ID RE.	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	VA	VMA	REF
AB-05	- Nivel 1								
AB-05	Cloro Residual Libre	N.D.	mg/L	0,03	0,03	0,10	0,3	0,6	SM-4500CL-G*
AB-05	Color Aparente	N.D.	Pt-Co	0,15	1,00	3,00	<5	15	SM-2120-C**
AB-05	Conductividad	146	µS/cm	11	10	34	400		SM-2510-B*
AB-05	Olor	Aceptable					Aceptable	Aceptable	SM-2150-A**
AB-05	pH	6,38	Unidades de pH	0,11	4,01	4,01	6,0		SM-4500-H*B*
AB-05	Temperatura	26,4	°C	0,13	15,0	15,0		18 a 30	SM-2550-B*
AB-05	Turbiedad	0,23	NTU	0,04	0,02	0,10	1	5	SM-2130-B*
ID RE.	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC		VMA	REF
AB-05	Coliformos Fecales	Ausente <1	UFC/100mL	0	0	0		Ausente	SM-9221**
AB-05	Escherichia coli	Ausente <1	UFC/100mL	0	0	0		Ausente	SM-9221**

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza
 LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado. LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado.
 N.D.: No detectable bajo el límite de detección. D.: Detectable pero no cuantificable.
 VMA: Valores Maximos Admisibles según el Reglamento sobre manejo de Piscinas, Decreto N° 35309-S del Ministerio de Salud.
 REF: Referencia del Método Utilizado, Standard Methods of Water and Wastewater 23 RD Edition 2017
 Ensayos Acreditados *, Ensayos No Acreditados **, Ensayos Referidos ***, Ver Alcance en www.eca.or.cr
 Permiso de Funcionamiento del Ministerio de Salud: DARS-SC-2018-0563, Vence el 17 de diciembre del 2023
 Cuando el Cliente es responsable del muestreo el Laboratorio se exime de toda responsabilidad y los resultados aplican a la muestra como se recibió.

Observaciones:

Desde el punto de vista Físico Químico y Microbiológico Cumple con el Reglamento del Ministerio de Salud N°38924-S, para Nivel 1.

Hernán Diego Arroyo Bravo

Lic. Hernán Diego Arroyo Bravo
Regente del Laboratorio
Codigo: 2484



Brandon Jiménez Zeledón

Dr. Brandon Jiménez Zeledón
Regente de Laboratorio Microbiológico
Codigo: MQC-2192

Elaborado e Impreso por: TECNOLAB Página 5 of 8	LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO CONFIDENCIAL	Tecnoindustria del Pacífico TDP SRL 3-102-753855 info@tecnolabcr.com
Dirección: 150 mts Este del Supermercado CAMAN, Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica, www.tecnolabcr.com, Teléfonos: (506) 4030-6879		



INFORME DE RESULTADOS

Número Informe: **TDP-ID-1332-2023**

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	Asada de Buena Vista		
Contacto:	Laura Medina		
Razón Social:	Asociación Administradora Del Acueducto Y Alcantarillado Sanitario De Buen		
Cédula:	3-002-424151		
Dirección:	Continuo al Ebals de Buena Vista		
Teléfono:		Celular:	(506) 8-686-9224
e-mail:	buena.vista.asada@gmail.com		
Cond. Ambientales:	Aptas, Soleado.		
LUGAR DE MUESTREO:	Agua de Tanque Buena Vista		

Plan de Muestreo:	280
Proc. muestreo:	TDP-PT-018
Muestreado por:	Wilson González González
Fecha de Muestreo:	29/6/2023
Hora Inicial de Muestreo:	10:45 a. m.
Hora Final de Muestreo:	10:45 a. m.
Fecha de Recibido:	29/6/2023
MATRIZ:	Agua Potable
Tipo de Análisis:	Potable N1
Análizado por:	Linsay Brenas Chaves
Fecha de Análisis:	29/6/2023
Fecha de Reporte:	17/7/2023
Tipo de Muestreo:	Simple

RESULTADOS ANALISIS

ID RE.	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	VA	VMA	REF
AB-06	- Nivel 1								
AB-06	Cloro Residual Libre	0,77	mg/L	0,03	0,03	0,10	0,3	0,6	SM-4500CL-G*
AB-06	Color Aparente	N.D.	Pt-Co	0,15	1,00	3,00	<5	15	SM-2120-C**
AB-06	Conductividad	145	µS/cm	11	10	34	400		SM-2510-B*
AB-06	Olor	Acceptable					Acceptable	Acceptable	SM-2150-A**
AB-06	pH	6,85	Unidades de pH	0,11	4,01	4,01	6,0		SM-4500-H+B*
AB-06	Temperatura	26,2	°C	0,13	15,0	15,0		18 a 30	SM-2550-B*
AB-06	Turbiedad	0,25	NTU	0,04	0,02	0,10	1	5	SM-2130-B*
ID RE.	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	VMA	REF	
AB-06	Coliformes Fecales	Ausente <1	UFC/100mL	0	0	0	Ausente		SM-9221**
AB-06	Escherichia coli	Ausente <1	UFC/100mL	0	0	0	Ausente		SM-9221**

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza

ID: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado. LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado. N.D.: No detectable bajo el límite de detección. D.: Detectable pero no cuantificable.

VMA: Valores Máximos Admisibles según el Reglamento sobre manejo de Piscinas, Decreto N° 35309-S del Ministerio de Salud.

REF: Referencia del Método Utilizado, Standard Methods of Water and Wastewater 23 RD Edition 2017

Ensayos Acreditados *, Ensayos No Acreditados **, Ensayos Referidos ***, Ver Alcance en www.eca.or.cr

Permiso de Funcionamiento del Ministerio de Salud: DARS-SC-2018-0563, Vence el 17 de diciembre del 2023

Cuando el Cliente es responsable del muestreo el Laboratorio se exime de toda responsabilidad y los resultados aplican a la muestra como se recibió.

Observaciones:

Desde el punto de vista Físico Químico y Microbiológico Cumple con el Reglamento del Ministerio de Salud N° 38924-S, para Nivel 1.

Hernán Diego Arroyo Bravo

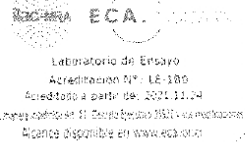
Lic. Hernán Diego Arroyo Bravo
Regente del Laboratorio
Codigo: 2484



Brandon Jiménez Zeledón

Dr. Brandon Jiménez Zeledón
Regente de Laboratorio Microbiológico
Codigo: MQC-2192

Elaborado e Impreso por: TECNOLAB Página 6 of 8	LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO CONFIDENCIAL	Tecnoindustria del Pacífico TDP SRL 3-102-753855 info@tecnolabcr.com
Dirección: 150 mts Este del Supermercado CAMAN, Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica, www.tecnolabcr.com, Teléfonos: (506) 4030-6879		



INFORME DE RESULTADOS

Número Informe: **TDP-ID-1334-2023**

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	Asada de Buena Vista
Contacto:	Laura Medina
Razón Social:	Asociación Administradora Del Acueducto Y Alcantarillado Sanitario De Buen
Cédula:	3-002-424151
Dirección:	Continuo al Ebais de Buena Vista
Teléfono:	Celular: (506) 8-686-9224
e-mail:	buena.vista.asada@gmail.com
Cond. Ambientales:	Aptas, Soseado.
LUGAR DE MUESTREO:	Agua del Grifo Oficina Asada

Plan de Muestreo:	280
Proc. muestreo:	TDP-PT-018
Muestreado por:	Wilson González González
Fecha de Muestreo:	29/6/2023
Hora Inicial de Muestreo:	11:14 a. m.
Hora Final de Muestreo:	11:14 a. m.
Fecha de Recibido:	29/6/2023
MATRIZ:	Agua Potable
Tipo de Análisis:	Potable N1
Análizado por:	Linsay Brenes Chaves
Fecha de Análisis:	29/6/2023
Fecha de Reporte:	17/7/2023
Tipo de Muestreo:	Simple

RESULTADOS ANALISIS

ID RE.	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	VA	VMA	REF
AB-08	- Nivel 1								
AB-08	Cloro Residual Libre	0,55	mg/L	0,03	0,03	0,10	0,3	0,6	SM-4500CL-G*
AB-08	Color Aparente	N.D.	Pt-Co	0,15	1,00	3,00	<5	15	SM-2120-C**
AB-08	Conductividad	146	µS/cm	11	10	34	400		SM-2510-B*
AB-08	Olor	Acceptable					Acceptable	Acceptable	SM-2150-A**
AB-08	pH	6,54	Unidades de pH	0,11	4,01	4,01	6,0	8,0	SM-4500-H*B*
AB-08	Temperatura	26,4	°C	0,13	15,0	15,0		18 a 30	SM-2550-B*
AB-08	Turbiedad	0,52	NTU	0,04	0,02	0,10	1	5	SM-2130-B*
ID RE.	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	VMA	REF	
AB-08	Coliformes Fecales	Ausente <1	UFC/100mL	0	0	0	Ausente		SM-9221**
AB-08	Escherichia coli	Ausente <1	UFC/100mL	0	0	0	Ausente		SM-9221**

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza
 LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado. LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado.
 N.D.: No detectable bajo el límite de detección. D.: Detectable pero no cuantificable.
 VMA: Valores Máximos Admisibles según el Reglamento sobre manejo de Piscinas, Decreto N° 35309-S del Ministerio de Salud.
 REF: Referencia del Método Utilizado, Standard Methods of Water and Wastewater 23 RD Edition 2017
 Ensayos Acreditados *, Ensayos No Acreditados **, Ensayos Referidos ***, Ver Alcance en www.eca.or.cr
 Permiso de Funcionamiento del Ministerio de Salud: DARS-SC-2018-0563, Vence el 17 de diciembre del 2023
 Cuando el Cliente es responsable del muestreo el Laboratorio se exime de toda responsabilidad y los resultados aplican a la muestra como se recibió.

Observaciones:

Desde el punto de vista Físico Químico y Microbiológico Cumple con el Reglamento del Ministerio de Salud N°38924-S, para Nivel 1.

Hernán Diego Arroyo Bravo

Lic. Hernán Diego Arroyo Bravo
Regente del Laboratorio
Codigo: 2484



Brandon Jiménez Zeledón

Dr. Brandon Jiménez Zeledón
Regente de Laboratorio Microbiológico
Codigo: MQC-2192

Elaborado e Impreso por: TECNOLAB Página 8 of 8	LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO CONFIDENCIAL	Tecnoindustria del Pacífico TDP SRL 3-102-753855 info@tecnolabcr.com
Dirección: 150 mts Este del Supermercado CAMAN, Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica, www.tecnolabcr.com, Teléfonos: (506) 4030-6879		