



**INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**

COSTA RICA



INFORME

Mejoras para sistemas de agua en las estaciones biológicas Sirena y San Pedrillo

**Área responsable: Presidencia Ejecutiva / Región Brunca
/ Laboratorio Nacional de Aguas / UEN Investigación y
Desarrollo**

Fecha elaboración: 19 de diciembre de 2025

 **+(506) 2242-5000**  **www.aya.go.cr**

**“NUESTRO COMPROMISO DE HOY,
nos une con un futuro mejor para COSTA RICA”**



Tabla de contenido

I. Resumen ejecutivo.....	4
II. Antecedentes.....	4
III. Normativa Aplicable.....	5
IV. Estación biológica Sirena.....	6
IV.1 Descripción y evaluación general de instalaciones.....	6
IV.1.1 Usos del agua.....	7
IV.1.2 Demanda probable.....	9
IV.1.3 Sistemas de agua para consumo.....	10
IV.1.4 Análisis de calidad de agua potable.....	15
IV.1.5 Sistemas de agua residual.....	16
IV.1.6 Análisis de calidad de agua residual.....	23
IV.2 Aplicación de guías de inspección.....	24
IV.2.1 Agua potable.....	24
IV.2.2 Agua residual.....	25
IV.3 Recomendaciones para los sistemas de agua.....	25
IV.3.1 Agua potable.....	25
IV.3.2 Agua residual.....	29
V. Estación biológica San Pedrillo.....	33
V.1 Descripción y evaluación general de instalaciones.....	33
V.1.1 Usos del agua.....	34
V.1.2 Demanda probable.....	35
V.1.3 Sistemas de agua para consumo.....	36
V.1.4 Análisis de calidad de agua potable.....	40
V.1.5 Sistemas de agua residual.....	41
V.2 Aplicación de guías de inspección.....	45
V.2.1 Agua potable.....	45
V.2.2 Agua residual.....	46
V.3 Recomendaciones para los sistemas de agua.....	46



V.3.1	Agua potable.....	47
V.3.2	Agua residual.....	50
VI.	Conclusiones.....	53
VII.	Recomendaciones generales	55
VIII.	Responsables.....	55
IX.	Anexos	56
IX.1	Estimación preliminar de consumo de agua en la estación Sirena a partir de los usos respectivos	56
IX.2	Ficha descriptiva de la estación Sirena.....	58
IX.3	Resultados de análisis de calidad de agua potable para la estación Sirena.....	61
IX.4	Resultados de análisis de calidad de agua residual para la estación Sirena.....	67
IX.5	Guía de inspección para calidad del agua potable (SERSA) aplicada en la estación Sirena	69
IX.6	Guía de informe técnico para la inspección del sistema de tratamiento de aguas residuales aplicada en la estación Sirena	70
IX.7	Estimación preliminar de consumo de agua en la estación San Pedrillo a partir de los usos respectivos	71
IX.8	Ficha descriptiva de la estación San Pedrillo	72
IX.9	Resultados de análisis de calidad de agua potable para la estación San Pedrillo.....	75
IX.10	Guía de inspección para calidad del agua potable (SERSA) aplicada en la estación San Pedrillo	81
IX.11	Guía de informe técnico para la inspección del sistema de tratamiento de aguas residuales aplicada en la estación San Pedrillo	82
IX.12	Infografía acerca de mejoras en la estación Sirena	83
IX.13	Infografía acerca de mejoras en la estación San Pedrillo	85
X.	Referencias.....	87



I. Resumen ejecutivo

El presente informe expone los resultados de la inspección realizada por AyA en noviembre de 2025 a las estaciones biológicas Sirena y San Pedrillo del Parque Nacional Corcovado, a solicitud del SINAC y en atención a órdenes sanitarias vigentes. El análisis abarcó la evaluación integral de los sistemas de agua potable y aguas residuales, la determinación de demandas de consumo, la revisión de infraestructura existente y la aplicación de las guías oficiales del Ministerio de Salud.

En ambas estaciones se identificaron riesgos sanitarios altos e intermedios en captación, almacenamiento, conducción y desinfección del agua, así como carencias en operación, mantenimiento y documentación técnica. Se evidenció además un funcionamiento limitado o nulo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, especialmente de las plantas Bionest®, cuyo desempeño depende de sopladores actualmente inactivos.

El informe concluye que es necesario ejecutar mejoras estructurales en captaciones y líneas de conducción, fortalecer la potabilización con esquemas adecuados de cloración, implementar medición sistemática de caudales, formalizar la operación y mantenimiento, y regularizar permisos ante instituciones competentes. Asimismo, se plantean alternativas técnicas para restablecer o sustituir los sistemas de tratamiento existentes, con el fin de asegurar el cumplimiento normativo y la protección del recurso hídrico dentro del Parque Nacional.

II. Antecedentes

Durante el mes de octubre del año 2025, el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) solicitó la colaboración del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) para determinar posibles mejoras en sistemas de agua de algunas estaciones biológicas del Parque Nacional (PN) Corcovado. Lo anterior obedece, entre otras razones, a la siguiente documentación:

- *Orden sanitaria MS-DRRSBRU-DARS-G-OS-0014-2024*
 - Objeto de inspección es el Restaurante Estación Biológica Sirena
 - Requerimientos vinculados con agua potable:
 - Presentar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua utilizada en el establecimiento con una periodicidad semestral que demuestre la potabilidad del sistema de abastecimiento.
 - Elaborar e implementar un procedimiento escrito para la higienización de tanques de almacenamiento de agua.
- *Orden sanitaria MS-DRRSBRU-DARS-G-OS-0017-2024*
 - Objeto de inspección es la Estación Sirena del Parque Nacional Corcovado
 - Requerimientos vinculados con agua residual:



- Poner en funcionamiento el sistema de tratamiento de aguas residuales, conforme las especificaciones técnicas, de manera que, todas las aguas residuales ordinarias cumplan con los parámetros establecidos en la normativa vigente, y, demostrados mediante la presentación de reportes operacionales periódicos.
 - Todos los sistemas de tratamiento de aguas residuales deben ajustarse a las disposiciones establecidas por la SETENA en las Resoluciones de Viabilidad Ambiental, que son correspondientes para el desarrollo de proyectos es área frágiles y zonas de protección como en esta. Se solicita adjuntar las resoluciones de SETENA.
- *Denuncia de contaminación del recurso hídrico dentro del Parque Nacional Corcovado SINAC-ACOSA-DAP-PNC-PCP-COT-001-2025*
 - Objeto de inspección es el Restaurante Estación Biológica Sirena
 - Requerimientos vinculados con aguas residuales: analizar y mejorar aspectos relacionados con gestión de aguas residuales y residuos sólidos.

Considerando los recursos disponibles en ambas instituciones, se estableció realizar una inspección durante los días 25 al 27 de noviembre de 2025 en las estaciones biológicas Sirena y San Pedrillo. Durante estas visitas se tuvo la presencia de los siguientes equipos de trabajo:

AyA

- Isabel Araya – Presidencia Ejecutiva
- Mario Valverde – Región Brunca
- Andrés Lazo – UEN Investigación y Desarrollo
- Carlos Chacón – Laboratorio Nacional de Aguas
- Marco Bonilla – Laboratorio Nacional de Aguas

SINAC

- Oscar Beita – Estación Sirena
- Esteban Sandí – Estación San Pedrillo
- Agustín Salazar – Estación San Pedrillo

III. Normativa Aplicable

Como referencias principales para esta inspección, se consideran las siguientes:

- Reglamento para la calidad del agua potable;



- Reglamento de vertido y reuso de aguas residuales;
- Reglamento para la disposición al subsuelo de aguas residuales ordinarias tratadas;
- Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial.

No se consideran aspectos relacionados con diseño de obras sanitarias, salvo algunos aspectos que se consideran fundamentales para una operación adecuada de los diversos sistemas de agua.

IV. Estación biológica Sirena

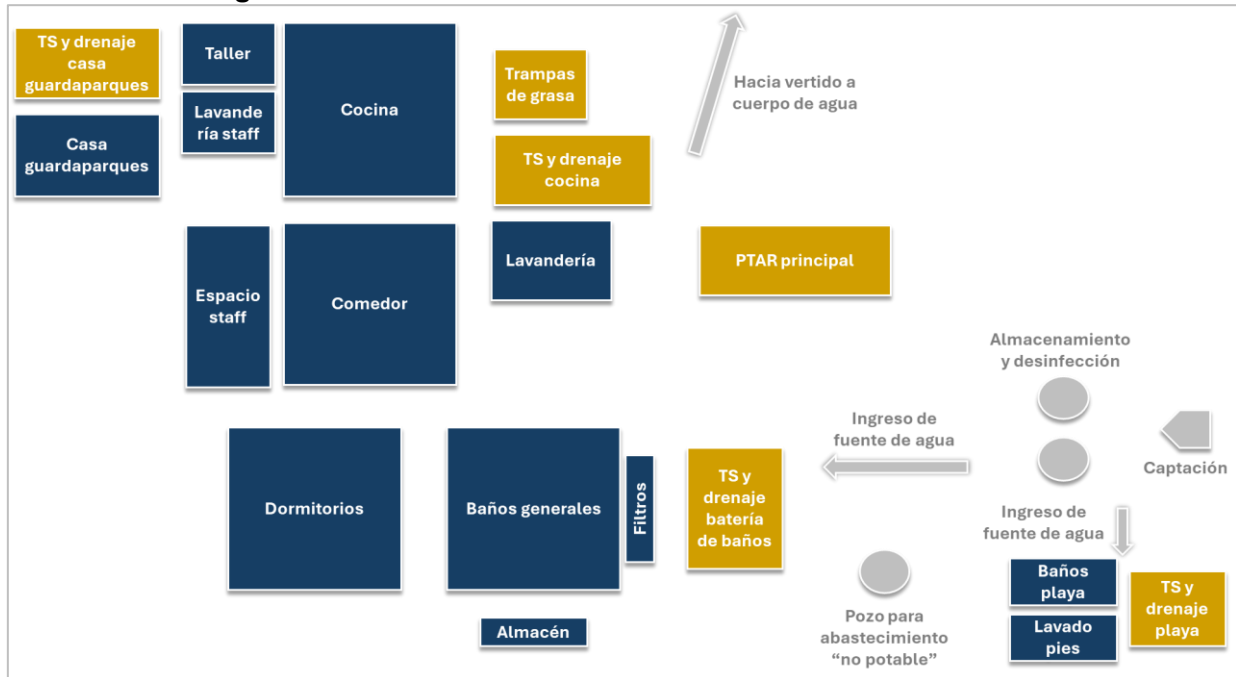
Para el análisis de las condiciones de los sistemas de agua de la estación, se sigue la siguiente metodología:

- descripción general de las instalaciones;
- usos de agua;
- valoración de la demanda probable;
- análisis de sistemas de agua para consumo;
- análisis de sistemas de agua residual;
- aplicación de la guía de inspección para calidad de agua potable “SERSA” (Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud), disponible en el [sitio web del Ministerio de Salud](#);
- aplicación de la guía de informe técnico para la inspección del sistema de tratamiento de aguas residuales, disponible en el [sitio web del Ministerio de Salud](#);
- recomendaciones para mejora de los sistemas.

IV.1 Descripción y evaluación general de instalaciones

La estación Sirena es un asentamiento por medio del cual se reciben visitantes en algunos sectores del Parque Nacional Corcovado. En este lugar se tienen varias funcionalidades, tales como: apoyo administrativo, cocina, comedor, dormitorios, tienda de souvenirs, lavandería, servicios sanitarios, entre otros. Ahora bien, para facilitar la comprensión de los principales componentes de las instalaciones, se elaboró tanto el detalle del anexo 2 como un croquis general del sitio.

Figura 1 Distribución de las instalaciones en la estación Sirena.



Referencia: elaboración propia

Las instalaciones permiten un aforo máximo de 138 personas para lo que se conoce como tour de un día. Mientras tanto, el máximo permitido de personas hospedadas en sitio es de 104. La suma de estas dos magnitudes constituye la capacidad de carga efectiva total (Mata Miranda, 2025).

IV.1.1 Usos del agua

Debido a que no existe medición periódica de consumos de agua en la estación Sirena, durante la visita se elaboró un levantamiento de los puntos de uso del recurso hídrico. A partir de esta información y empleando algunos supuestos adicionales, se estimó el potencial consumo de agua. Si se consideran 138 visitantes diarios más 104 huéspedes (pernoctan en la estación), la demanda base potencial es cercana a 27 m³/d (ver anexo 1). Esto es un dato inicial que permite conocer el orden de magnitud alrededor del cual se puede encontrar el requerimiento de recurso hídrico en la estación; sin embargo, es necesario realizar comprobaciones adicionales para mejorar su validez.

Tal y como se observa en el anexo 1, para el presente estudio se definieron 11 áreas de trabajo que permiten la operación de la estación. En cada caso, si bien se emplearon supuestos para estimar el consumo de agua, también es posible tomar en cuenta normativa tal como el *Manual técnico de dotaciones de agua* (MINAE, 2021). Este documento muestra valores tales como los detallados en el siguiente cuadro.



Cuadro 1 Información de consumo de agua acorde con el *Manual técnico de dotaciones*

Actividad	Dotación (incluye personas colaboradoras y usuarios)	Posible asocie a las áreas de trabajo en Sirena
Oficinas administrativas de actividades de administración pública en general	20 L/m ² /d	-
Servicios sanitarios	15 L/asistente/d	Casa guardaparques, espacios Staff, recepción
Baños públicos	50 L/asistente/d	Baños generales
Preparación de alimentos y bebidas de actividades recreativas	12 L/asistente/d	Cocina
Mantenimiento PTAR	3.7 L / (m ³ de agua tratada/d)	-
Restaurantes / alimentos y bebidas	35 L/asistente/d	Cocina, comedor

Referencia: (MINAE, 2021)

A partir de esta información, se observó que las áreas de trabajo definidas que no son contempladas por la normativa de MINAE son: almacén, lavandería (por su particularidad de reuso del agua), lavandería staff y taller. A partir de esta condición, se recalculó la demanda base de agua para las actividades del parque nacional, según el detalle del cuadro que se muestra a continuación.

Cuadro 2 Estimación del consumo de agua con aportes del *Manual técnico de dotaciones*

Áreas de trabajo	Supuestos	Consumo de agua potable (m ³ /d)
Casa guardaparques	8 guardaparques, 15 L/asistente/d	$8 \text{ personas} \cdot 15 \frac{L}{\text{asistente} \cdot d} = 120 \frac{L}{d}$ $= 0.12 \frac{m^3}{d}$
Baños generales	104 huéspedes, 138 visitantes, 50 L/asistente/d	$(104 + 138) \cdot 50 \frac{L}{\text{asistente} \cdot d}$ $= 12100 \frac{L}{d} = 12.1 \frac{m^3}{d}$
Almacén	Dato igual al del anexo 1	0.175 m ³ /d
Espacio staff	15 L/asistente/d, 5 personas staff (hombres)	$5 \text{ personas} \cdot 15 \frac{L}{\text{persona} \cdot d} = 75 \frac{L}{d}$ $= 0.075 \frac{m^3}{d}$
Lavandería	Dato igual al del anexo 1	0.505 m ³ /d
Espacio staff mujer	15 L/asistente/d, 5 personas staff (mujeres)	$5 \text{ personas} \cdot 15 \frac{L}{\text{persona} \cdot d} = 75 \frac{L}{d}$ $= 0.075 \frac{m^3}{d}$
Comedor	35 L/asistente/d, 75% de visitantes comen en la estación	$0.75 \cdot 35 \frac{L}{\text{asistente} \cdot d}$ $\cdot (242 \text{ asistentes})$ $= 6352 \frac{L}{d} = 6.4 \frac{m^3}{d}$
Cocina		



Áreas de trabajo	Supuestos	Consumo de agua potable (m ³ /d)
Taller	Dato igual al del anexo 1	0.21 m ³ /d
Lavandería staff	Dato igual al del anexo 1	0.63 m ³ /d
Recepción	Dato igual al del anexo 1	4.74 m ³ /d
Total		24.98 m³/d

Referencia: elaboración propia

En términos generales, las estimaciones mostraron que es posible emplear un valor conservador de uso directo de agua cercano a 27 m³/d. Esto cubre el dato calculado a partir de las dotaciones recomendadas por MINAE. Adicionalmente, se observó que prácticamente un 60% del consumo corresponde a los baños generales, 15.8% a comedor y cocina, 17.6% para la recepción del parque, seguido por lavandería staff con 2.3% y luego la lavandería general con un 1.9%. El resto de las áreas de trabajo completan el uso total del agua.

Ahora bien, el uso de agua no solamente es el directo, sino que existen otras consideraciones generales de diseño. Por esta razón, en las secciones subsiguientes se analizó el escenario de requerimiento de agua considerando usos de carácter normativo.

IV.1.2 Demanda probable

Para la estimación de la demanda probable, se consideró lo establecido por la *Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial* (AyA, 2017). En esta normativa se establece la necesidad de considerar un caudal máximo diario y uno máximo horario, por medio de factores multiplicadores. Lo anterior permite atender los diversos escenarios de consumo que se pueden presentar en sistemas de abastecimiento poblacional. Por tanto, las premisas generadas fueron las siguientes:

- Caudal promedio diario: 27 m³/d
- Caudal máximo diario: $1.2 \cdot 27 \frac{m^3}{d} = 33 \frac{m^3}{d}$
- Caudal máximo horario: $1.8 \cdot 27 \frac{m^3}{d} = 49 \frac{m^3}{d}$

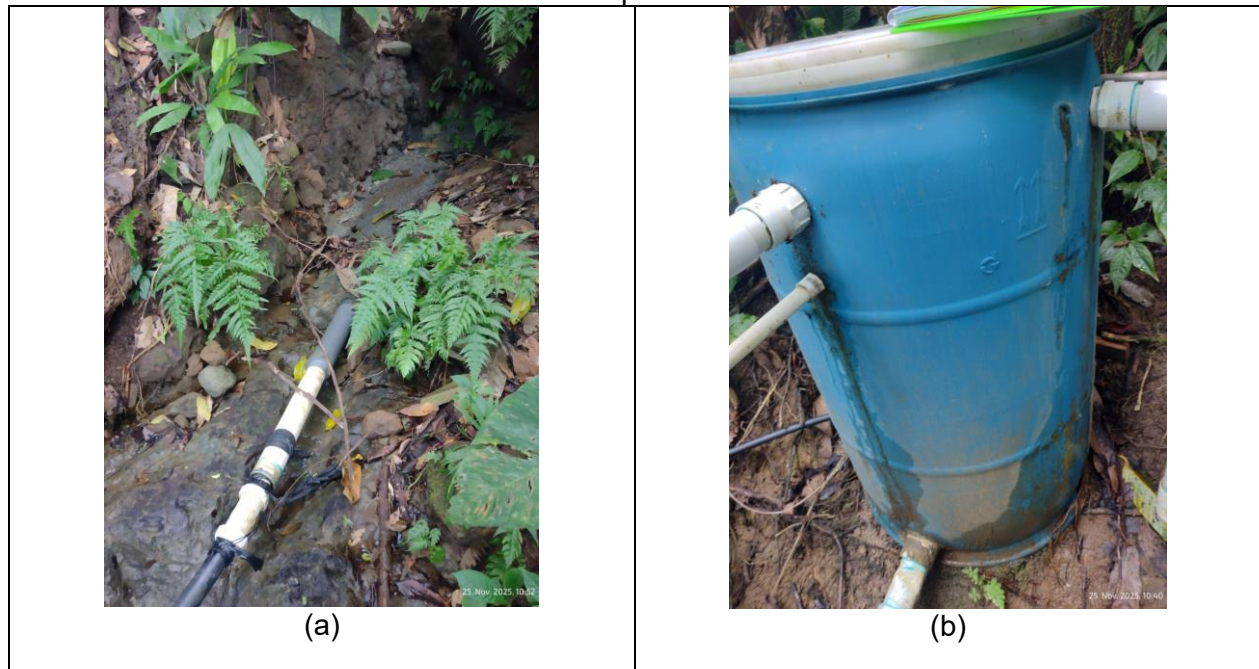
Aunque siempre es necesario llevar a cabo una estimación específica acorde con la visitación y todo el personal y las labores de logística, a partir de las cifras anteriores es posible estimar un consumo global promedio de 111 L/turista/d. El valor máximo diario sería 136 L/turista/d y el máximo horario 202 L/turista/d. En términos de aguas residuales, considerando un escenario conservador con un factor de retorno de 0.80, se asumieron los siguientes valores:

- Caudal promedio diario de agua residual: 22 m³/d
- Caudal máximo diario de agua residual: $1.2 \cdot 22 \frac{m^3}{d} = 26 \frac{m^3}{d}$
- Caudal máximo horario de agua residual: $1.8 \cdot 22 \frac{m^3}{d} = 40 \frac{m^3}{d}$

IV.1.3 Sistemas de agua para consumo

El agua empleada para consumo humano en la estación proviene de una naciente. Una tubería de PVC cubierta parcialmente por concreto se introduce en una sección montañosa y se encuentra cubierta por una capa de concreto. Posteriormente, esta tubería cambia a polietileno de alta densidad hasta llegar a un tambor plástico, previo a su paso a los tanques de almacenamiento. En el fondo del tambor se observa una capa de grava (piedra bola) de no más de 15 cm; se presume que en su momento fue para control de sedimentos.

Figura 2 Captación de agua en la estación Sirena: a) sitio de naciente; b) tambor plástico receptor.



Referencia: elaboración propia

Posteriormente, el agua fluye por gravedad hacia una primera batería de dos tanques en paralelo (2500 L cada uno) y luego pasa a un grupo de seis tanques plásticos de almacenamiento (mismo tamaño cada uno), para un volumen total de 20 m³. Es decir, se cuenta con un almacenamiento suficiente para almacenar el 74% de la demanda promedio diaria y prácticamente el 41% de la demanda máxima horaria; todo esto constituye un escenario muy positivo de gestión.

Posteriormente, el agua pasa por un clorador marca Pentair (modelo 320) y se conduce hasta las instalaciones principales de la estación por medio de una tubería de PVC con 2" de diámetro. Si se parte del supuesto de que el caudal se encuentra cerca de los 5 L/s (pues el agua en la tubería fluye totalmente lleno), es posible estimar el tiempo de contacto con el cloro desde la salida de los tanques hasta el ingreso a la estación, considerando aproximadamente 250 m de conducción:



$$Tiempo = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot 0.0508^2 \cdot 250 \text{ m}}{5 \frac{L}{s} \cdot \frac{1m^3}{1000 L} \cdot \frac{60 s}{1 \text{ min}}} = 1.7 \text{ min}$$

Este tiempo de residencia de 1.7 min es insuficiente para procurar una adecuada desinfección. No obstante, si se considera un eventual tiempo de residencia que se podría alcanzar con los tanques, esto correspondería al siguiente valor:

$$Tiempo = \frac{20m^3}{5 \frac{L}{s} \cdot \frac{1m^3}{1000 L} \cdot \frac{60 s}{1 \text{ min}}} = 66.7 \text{ min}$$

Este valor sí es adecuado para lograr que el cloro pueda ejercer acción desinfectante en un sistema de agua. Ahora bien, las principales características del clorador observado en sitio son las siguientes:

- marca Pentair, modelo Rainbow 320;
- construcción en PVC;
- diámetro de entradas y salidas 1-1/2" a 2";
- capacidad de tratamiento (hidráulica) es regido por la capacidad de la tubería de conducción y la dosis de cloro deseada;
- tabletas recomendadas son de ácido tricloro isocianúrico (no debe emplearse hipoclorito de calcio);
- idóneo para aplicación en piscinas.

Si bien este tipo de clorador puede ser funcional para la aplicación bajo análisis, de repente puede no contar con las características idóneas para sistemas de agua potable. Es necesario que se compruebe por medio de análisis de cloro residual en redes de distribución si es posible alcanzar la concentración adecuada en cada punto del acueducto. En caso contrario, será necesario realizar mejoras.

Todos los espacios, desde la captación hasta el sitio de almacenamiento, son totalmente abiertos. Debido a la naturaleza del área de conservación, se observó presencia de mucha vegetación suelta en el sitio y tanto la captación como el sitio de almacenamiento están expuestos (sin cerramiento). La mayor cantidad de fugas se encontró entre la naciente y el sitio de almacenamiento; también se apreció rebalse en uno de los tanques plásticos de 2500 L. El tema de las fugas puede deberse tanto a problemas de soporte de tuberías en puntos críticos, como a temas de fontanería e incluso el requerimiento de un material más apto para las condiciones operativas de la estación, que pueda soportar con facilidad la presión de servicio más la presión de un eventual golpe de ariete que se pudiera generar en la tubería por un cierre repentino de válvulas en algún punto de toda la red.



Figura 3 Sitio de almacenamiento de agua.



Referencia: elaboración propia

Seguidamente, el agua circula hasta un conjunto de unidades de tratamiento en línea, donde el personal operativo indicó que se tienen dos trenes paralelos; cada uno de ellos funciona de forma intermitente (el personal operativo presume que el UV afecta el cloro residual en la red) y está compuesto por los siguientes elementos: un cartucho de carbón activado seguido por un cartucho para filtración de partículas y luego radiación ultravioleta. Los componentes de este sistema son los siguientes:

- Carcasas de filtro (sin importar si son para el carbón o para cartuchos)
 - marca Pentair, modelo Heavy Duty Pentek Big Blue;
 - construcción en polipropileno;
 - diámetro de entradas y salidas 1”;
 - longitud de carcasa 20”;
 - presión máxima 90 psi;
 - pérdida de carga inicial según caudal: 1 psi @ 0.9 L/s; 4 psi @ 1.9 L/s; 12 psi @ 3.2 L/s;
- Filtros de partículas
 - marca Axeon, modelo SDF-45-2005;
 - construcción en polipropileno;



- tamaño de poro para retención de partículas 5 μm ;
- pérdida de carga inicial según caudal: 1 psi @ 1.26 L/s.
- Filtros de carbón
 - marca Axeon, modelo CBF-45-2010;
 - construcción en polipropileno;
 - relleno con arcón activado de fibra de coco, con lavado ácido;
 - tamaño de poro para retención de partículas 10 μm ;
 - pérdida de carga inicial según caudal: no se indica.
- Equipo de radiación ultravioleta
 - marca Viqua, modelo VP600;
 - construcción en acero inoxidable AISI 304;
 - diámetro de entradas y salidas 1”;
 - capacidad de tratamiento (hidráulica) 1.9 L/s;
 - radiación al caudal nominal 25 mJ/cm^2 ;
 - presión máxima 125 psi;
 - requerimiento de calidad de agua para operación idónea: dureza < 120 mg/L , hierro < 0.3 mg/L , taninos < 0.1 mg/L ;

De acuerdo con la información documentada hasta este punto, el equipamiento para potabilización instalado en sitio restringe el aprovechamiento a un máximo de 3.8 L/s. Esto constituye un elemento básico por valorar en conjunto con el estado de la captación, la conducción y la información de calidad de agua. Por otra parte, si bien el tren de tratamiento compuesto por filtro + carbón activado + ultravioleta aporta mucho en la cadena de procesos de potabilización, es posible que haya algún tipo de efecto secundario no deseado sobre la concentración de cloro procedente del almacenamiento.

El cloro es más eficiente para inactivar bacterias, algunos hongos, algas y muy pocos virus. Por su parte, la radiación ultravioleta tiene los mismos efectos del cloro y además atiende mejor los problemas causados por presencia de virus, protozoos y esporas. Es decir, el cloro y la radiación son técnicas complementarias. Adicionalmente, el carbón activado remueve cloro residual.



Figura 4 Equipo de “filtros” en la estación Sirena.



Referencia: elaboración propia

Según lo indicado anteriormente, y considerando el buen tiempo de contacto que podría tener el cloro en la etapa de almacenamiento luego de realizar algunas modificaciones, conviene optar por una de las siguientes alternativas:

- reemplazar el filtro de carbón por un filtro de partículas y posteriormente habilitar el funcionamiento continuo del equipo, buscando que primero se ubique el filtro con mayor tamaño de poro, seguido por el de menor tamaño de poro;
- mantener el filtro de carbón y posteriormente habilitar un segundo punto de desinfección (para mantener una concentración residual adecuada), para que el equipo pueda ya funcionar de forma continua.

De manera complementaria, la estación cuenta con un pozo artesanal que se emplea para usos de agua que no requieren calidad potable. Según el personal operativo, ese pozo está construido con cinco alcantarillas similares a las utilizadas en la construcción de sistemas de evacuación de agua de lluvia. Suponiendo la longitud efectiva típica (93 cm), es posible suponer que el pozo cuenta con una profundidad de 4.65 m. Durante la visita se midió la conductividad de esta agua para verificar si se tenía algún grado de intrusión salina; se documentó una temperatura de 28 °C, un pH de 6.79 y una conductividad de 155.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Preliminarmente, no parece haberse presentado este fenómeno; sin embargo, es importante que se mantenga ese uso no potable debido a la presencia de múltiples sistemas de drenaje en la estación.



IV.1.4 Análisis de calidad de agua potable

Durante la visita se tomaron dos muestras para analizar la calidad del agua potable: en la naciente y en un punto de la cocina (red de distribución). Para el caso de los análisis realizados en la naciente (anexo 3), considerando como punto de referencia el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, es posible resaltar los hallazgos detallados en las líneas subsiguientes.

Para el caso del agua cruda (sin tratamiento) solamente se tiene un incumplimiento de calidad en el caso de coliformes fecales. Es decir, el agua es de calidad muy aceptable (acorde con la legislación) en una gran mayoría de aspectos, a pesar de tratarse de agua cruda como tal. Es posible que la afectación por concepto de coliformes sea causada por la interacción inevitable del fluido con la naturaleza circundante en el sitio de captación.

Llama la atención la presencia del ion amonio con una concentración de 0.31 mg/L. Es habitual encontrar esta sustancia en sitios con mucha naturaleza circundante, pues puede generarse a partir de la descomposición natural de materia orgánica. Si bien no se incumple algún valor máximo admisible regulado, se debe considerar que este ion consume mucho cloro y puede disparar ligeramente la demanda de este desinfectante al momento de acondicionar la calidad de agua para consumo. Al menos estequiométricamente, se esperaría un consumo de cloro de al menos 1.8 mg/L solo por concepto de amonio, lo cual es un valor bastante alto si se toma como referencia que el nivel máximo admisible para cloro residual libre en agua es 1.0 mg/L. Una vez más, se resalta que no es un problema, sino un punto de cuidado para la parte operativa.

Asimismo, el agua tiene una alcalinidad y una conductividad altas, lo cual se refleja necesariamente en valores de dureza total que permiten clasificar esta agua como “dura”. De hecho, la Organización Mundial de la Salud indica que, si bien una concentración como la hallada en Sirena no es dañina para la salud, pero puede provocar incrustaciones de sales de calcio y magnesio en tuberías, sus accesorios y otros elementos que utilicen agua caliente (OMS, 2017). Esta condición de dureza es típica de acuíferos costeros, donde en muchas ocasiones las condiciones geológicas generan intercambio de iones calcio y magnesio con el agua que fluye a través de las formaciones terrestres.

De manera complementaria, llama la atención la ausencia total de metales. Al observar el reporte en la sección ubicada entre aluminio y zinc, se puede notar la expresión “N.D.”, la cual quiere decir que no se detectaron esas sustancias aún con los excelentes niveles de sensibilidad que maneja el Laboratorio Nacional de Aguas. Esto es una condición muy favorable y adecuada que deberá ser contrastada contra los resultados de la red.

Para el caso del análisis en la red de distribución, se observa un 100% de cumplimiento de la calidad del agua regulada a nivel nacional. Sin embargo, es importante destacar la aparición de una traza de mercurio (0.26 µg Hg/L). No hay un incumplimiento de calidad de agua por esta condición, pero es recomendable que la operación preste atención a la potencial causa de este fenómeno. Se han observado casos en que trazas de metales provienen de accesorios metálicos de la red de distribución, los cuales van sufriendo deterioro con el paso del tiempo. De hecho, esta es una de las razones por las cuales es muy habitual que se recomiende la adquisición de elementos certificados bajo la norma NSF-60 (aplicable a productos añadidos al agua para consumo) y NSF-61 (aplicable a elementos que entran en contacto con el agua).



IV.1.5 Sistemas de agua residual

El agua residual generada en la estación es tratada de manera descentralizada; es decir, no existe un medio único para llevar a cabo esta labor. Los sistemas de tratamiento y disposición final de aguas residuales son los siguientes:

- sitio 1 → tanque séptico y drenaje para casa de guardaparques;
- sitio 2 → tanque séptico y drenaje para aguas grises;
- sitio 3 → trampas de grasa, tanque séptico y drenaje para aguas de cocina;
- sitio 4 → planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) principal;
- sitio 5 → tanque séptico y drenaje en playa (recepción del parque)

El sistema correspondiente a “sitio 1” permite tratar y disponer las aguas residuales de la casa de guardaparques. Según el personal operativo de la estación, no reporta problemas de funcionamiento ni ocasiona molestias de alguna naturaleza a los visitantes. Por otra parte, el “sitio 2” tampoco representa problemas históricos, pero sí constituye el mayor punto de tratamiento de aguas que no son conducidas a la PTAR principal.

En este “sitio 2”, ubicado contiguo a los baños generales, el agua residual se dirige a un tanque séptico cuyas dimensiones son: 4.7 m x 2.1 m x 1.55 m (largo x ancho x profundidad). Esta unidad cuenta con aproximadamente 50 cm de agua y poco más de 20 cm de lodo acumulado. Según la bibliografía especializada, el estado de cumplimiento de los mejores criterios para este tipo de sistemas es el que se menciona en el siguiente cuadro. Solamente se analiza el componente de tanque séptico y no el drenaje, debido a que esta última área no fue posible inspeccionarla durante la visita.

Cuadro 3 Criterios sanitarios aplicados al tanque séptico del “sitio 2”

Criterio	Valor recomendado	Valor real
Relación largo:ancho	3:1	2.2:1
Profundidad mínima para líquidos almacenados (m)	1	0.50
Ancho mínimo (m)	0.70	2.10
Ubicación de accesorios tipo “T” con niple de prolongación, en entrada y salida (0.4 m)	-	Sí
Espacio libre sobre el agua de al menos 0.30 m	-	Sí
Evacuación de gases hacia línea de ventilación en alguna edificación o hacia zona de drenajes	-	No
Impermeabilización de paredes	-	Sí
Registros ubicados sobre punto de ingreso y salida de aguas	-	Sí
Diferencia de niveles entre tubería de entrada y salida (m)	0.07	0.05
Volumen total mínimo de líquidos (m ³): sedimentación + digestión + almacenamiento lodos	18.9	5.0

Referencia: elaboración propia, con criterios sanitarios de (Rosales Escalante, 2003)

Lo anterior implica que el tanque séptico, si bien es funcional, podría no contar con dimensiones suficientes para evitar un eventual deterioro prematuro del componente de drenaje. Es decir, actualmente funciona bien e incluso tiene una acumulación de lodos muy baja, pero se debe manejar con cuidado para que no se vea acortada la vida útil de estos. Esto implica una rutina de operación y mantenimiento que se documente por medio de una bitácora oficial (ver secciones subsiguientes).

De forma complementaria, el agua de cocina cuenta con un sistema para separación de grasas, previo al vertido del agua residual tratada en el suelo (“sitio 3”). El personal de operación indicó que esta es una de las mejoras más recientes, ejecutadas posterior a los señalamientos que dieron origen a la visita de AyA. No se pudo contar con planos detallados que permitieran valorar las estructuras que se encontraban enterradas.

Figura 5 Componentes del sistema de trampa de grasas y aceites: (a) caja de recepción; (b) caja de separación; (c) reservorios antes de disposición en el suelo.



Referencia: elaboración propia

Si bien se encontraron varias etapas en serie que probablemente faculten la separación deseada de la grasa y aceites asociados a las actividades de cocina, es fundamental ejecutar



dos acciones para garantizarlo: medir el parámetro de grasas y aceites en agua al ingreso del punto (a) de la figura 5 y al final del punto (c) de la misma imagen; además de revisar y cotejar las dimensiones reales de cada una de las imágenes con las recomendaciones emitidas por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA, 2017):

- facilidad para remoción periódica de flotantes y residuos sólidos;
- tiempo de retención mínimo de 24 minutos, considerando el flujo máximo real;
- entrada y salida sumergidas, con accesorios en “T” cuyo diámetro sea al menos 3” y el niple respectivo;
- tapa de registro sellada;
- ventilación que permita evacuar gases desde el interior de la unidad (al menos 2”);
- preferiblemente con bandeja interna para extracción de grasa;
- profundidad total de al menos 80 cm;
- espacio libre entre nivel del líquido y la parte superior de la unidad de al menos 20 cm;
- relación largo:ancho comprendida entre 2:1 a 3:2;
- con aberturas de acceso sobre la entrada, la salida y en cada compartimento interno del interceptor de grasas;
- diferencia de nivel entre entrada y salida mayor a 5 cm;
- almacenamiento de grasas solo si la capacidad total es mayor a 600 L, donde el establecimiento trabaje en forma continua por más de 16 h;
- trampa de grasa y compartimento de almacenamiento de grasa conectados por medio de vertedor de rebose, el cual deberá estar a 5 cm por encima del nivel de agua;
- volumen total de almacenamiento de grasa debe ser al menos 1/3 del volumen total de la trampa de grasa;
- interceptores de grasa con al menos con dos compartimentos;
- trampas de grasa con al menos un compartimento;
- muro intermedio de separación a una distancia entre $\frac{2}{3}$ y $\frac{3}{4}$ del largo total desde la pared de ingreso;
- comunicación entre cámaras por medio de codo de radio largo o “T”, no menor a 4”, instalado a una altura mínima equivalente al 28% de la altura del líquido y como máximo 50%;



- interceptores y trampas con cámara a la salida para toma de muestras del efluente;
- sifón con sello de agua de al menos 5 cm;
- capacidad mínima de la trampa de grasa si se atienden hasta 50 personas: 470 L;
- respetar los criterios adicionales establecidos en el anexo A del Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, para el caso de interceptores de grasa.

Ahora bien, para ofrecer un criterio acerca del uso de tantos drenajes en la estación Sirena, se analizó un informe con pruebas de infiltración, el cual fue contratado por la Asociación de Desarrollo Integral Corcovado – Carate (Obando Amador, 2022). Este informe determinó los siguientes valores para el suelo analizado durante la visita el geólogo responsable:

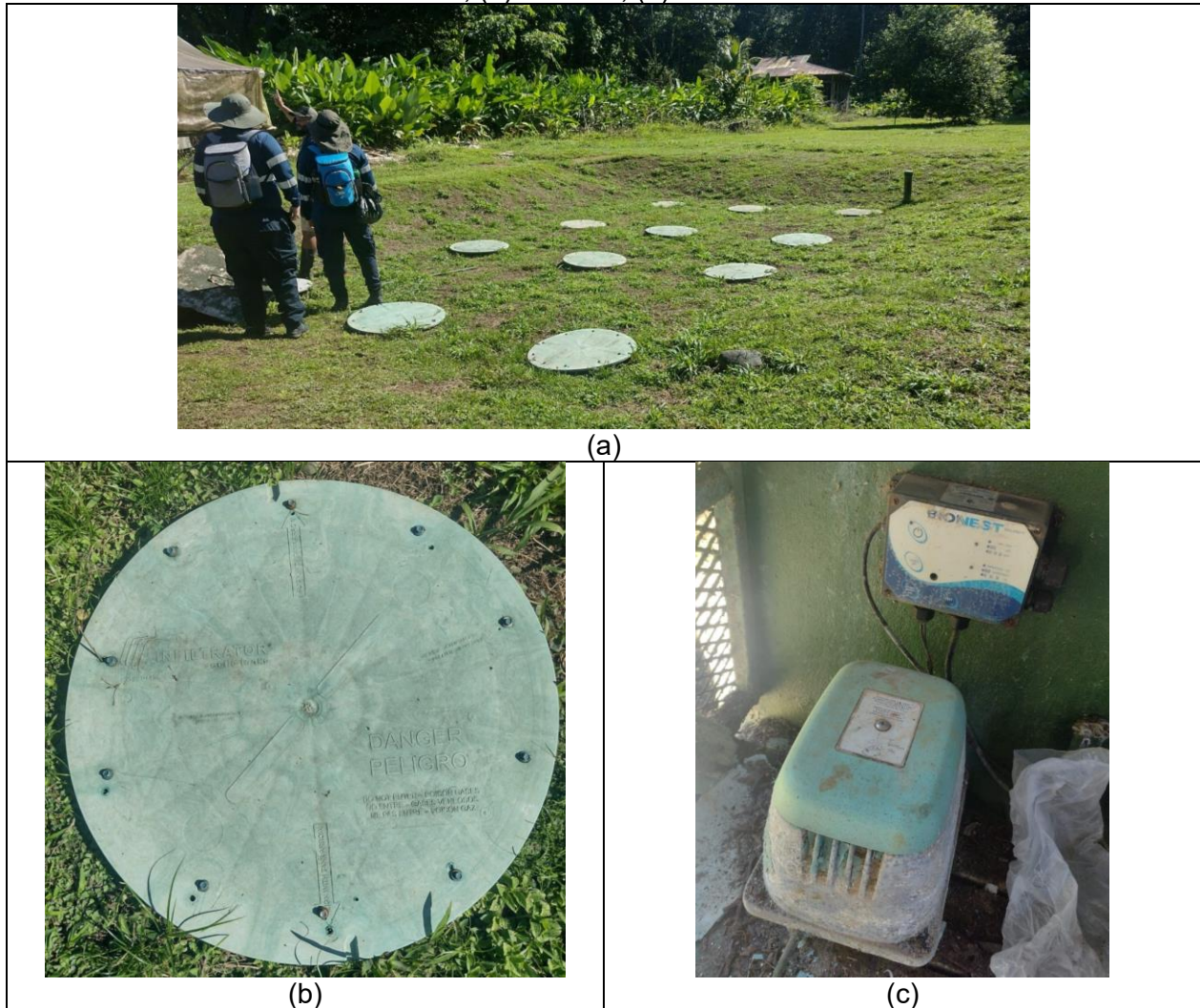
- Tasa de infiltración promedio (min/cm): 2.61
- Velocidad de infiltración promedio (m/d): 0.076
- Velocidad de infiltración promedio (m/h): 3.16

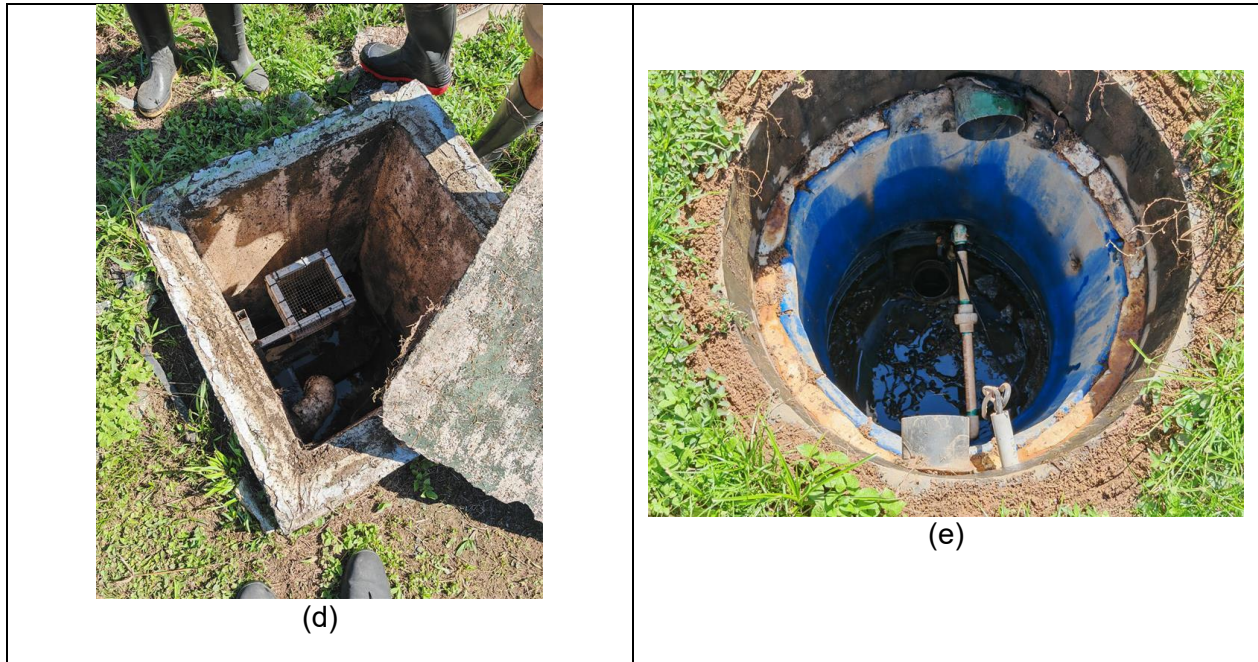
Según lo indicado en el informe geológico (Obando Amador, 2022), la tasa de infiltración se considera alta, debido a que el suelo está conformado materiales finos (limos) con algún contenido de arena debido a su ubicación cercana a la línea costera. De hecho, entre los tres puntos analizados por el geólogo, el valor mayor se reportó para la ubicación entre el toldo y área de lavado, dirigida hacia la pista de aterrizaje. En ese caso, la tasa fue de 4.55 min/cm, lo cual denota un valor bastante aceptable si se compara con las recomendaciones técnicas documentadas en la literatura (Rosales Escalante, 2003). Ante esta condición, si bien el suelo permite una infiltración adecuada, se debe procurar siempre que la calidad del agua que se envía a drenajes sea la mejor posible, sin presencia de sólidos, grasas u otros agentes contaminantes suspendidos o con alto contenido de carga orgánica.

En el caso de la PTAR principal, se pudo observar en campo que la instalación es de la casa fabricante Bionest®. Sin embargo, no fue posible observar sus componentes internos, debido a que todas las tapas del sistema se encontraban atornilladas y el personal de mantenimiento no contaba con la herramienta adecuada para la manipulación de los tornillos. Se observó que la planta estaba compuesta por doce registros; sin embargo, no fue posible determinar si estos componían una sola unidad de tratamiento o varias de ellas.



Figura 6 PTAR principal: (a) vista general en sitio; (b) vista de cada tapa de registro; (c) sopla-
dor, (d) afluente, (e) efluente.

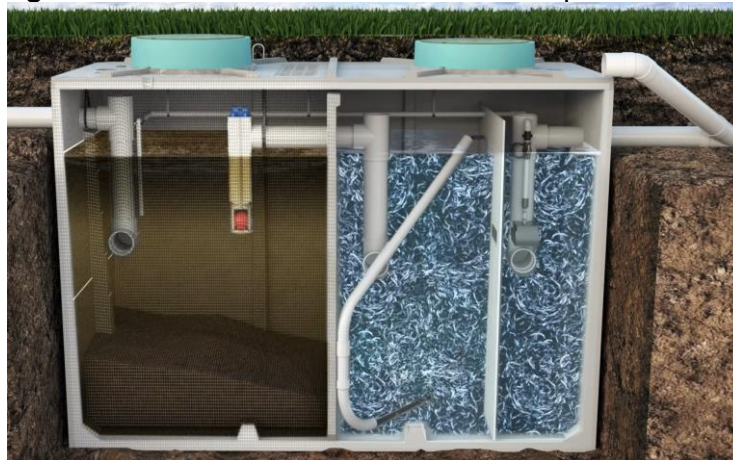




Referencia: elaboración propia

En términos generales, la **tecnología Bionest** para el tratamiento de aguas residuales funciona a partir de dos procesos en serie. Usualmente, en primera instancia, el sistema contempla el equivalente a un tanque séptico tradicional. En esta etapa se produce separación de sólidos y de grasas; el material denso sedimenta y la grasa flota, lo cual reduce la carga contaminante que ingresa a la etapa siguiente.

Figura 7 Corte transversal de una unidad típica Bionest ®



Referencia: (Bionest, 2025)

Seguidamente, entra en acción un proceso biológico aerobio basado en el crecimiento de microorganismos sobre un medio fijo (Bionest, 2025), compuesto por módulos de material plástico poroso que ofrecen una superficie extensa para el desarrollo de una biopelícula microbiana. Estos microorganismos consumen la materia orgánica disuelta y suspendida, y también transforman compuestos de nitrógeno en formas más estables como el nitrato mediante el proceso de



nitrificación. La presencia del medio fijo evita que la biomasa se desprenda o se pierda con variaciones de caudal, lo que otorga gran estabilidad al sistema y permite alcanzar altos niveles de tratamiento aun con cargas fluctuantes.

En el caso de Sirena, el componente aerobio está diseñado para funcionar con el aporte de oxígeno que proviene de un sistema sopladores (externos), complementado con un sistema sumergido de distribución de aire. Esta aireación es indispensable, pues sostiene la actividad metabólica de la biopelícula y permite mantener un ambiente adecuado para los microorganismos responsables de la degradación. Una vez completado el contacto biológico, el flujo pasa a una unidad de sedimentación secundaria donde los lodos biológicos se separan por gravedad, produciendo un efluente clarificado que puede someterse a desinfección si la normativa lo requiere.

Cada soplador consume 6.4 A y funciona con una tensión de 120 V. En total, se encontraron tres sopladores, pero fuera de servicio. Sin embargo, al no contar con planos ni acceso a las diversas unidades, resultó imposible emitir criterios adicionales respecto a la configuración del sistema. El personal operativo indicó que en su momento la oferta de energía eléctrica en la estación no permitió la operación continua del conjunto de sopladores.

Si bien es claro que el sistema de tratamiento Bionest® cuenta con prestigio en el mercado de tratamiento de aguas residuales, no se pudo encontrar documentación técnica específica para la instalación existente en Sirena. No obstante, es recomendable que la administración de la estación decida acerca del enfoque que desean seguir para la PTAR principal:

- si se considera posible establecer suministro eléctrico necesario para mantener en funcionamiento permanente todos los sopladores de la PTAR, simplemente se debe realizar la reparación de estos, para procurar una nueva puesta en marcha del sistema de tratamiento de aguas residuales; esto podría implicar la extracción de lodo séptico acumulado en todas las cámaras de tratamiento, junto con un plan para su estabilización y disposición final (estabilización alcalina, compostaje y reuso en suelo, o bien una alternativa análoga a la que ya se tiene para la gestión de residuos de las trampas de grasa y de la cocina por medio de un gestor autorizado);
- si no se considera posible establecer el suministro eléctrico necesario para mantener en funcionamiento permanente todos los sopladores de la PTAR, se sugiere considerar una de las siguientes alternativas:
 - reemplazar el sistema Bionest® por una opción prefabricada similar a la conocida como **Biorock®**, la cual funciona de manera muy similar a Bionest®, con la diferencia de que el tratamiento aerobio no requiere de sopladores, sino que se realiza por ventilación natural (sin consumo energético); se pasa de un esquema de lodos activados a un filtro percolador;
 - reemplazar la etapa aerobia del sistema Bionest® por una opción construida en sitio, tal como podría ser un **humedal artificial de flujo subsuperficial**; en este caso se aprovecha la etapa de sedimentación de Bionest® y se construyen al menos dos celdas del humedal artificial para depurar el efluente previo a su vertido a cuerpo receptor.



De forma complementaria, según información suministrada por el personal operativo de la estación, el agua residual de la PTAR principal es vertida a la quebrada Camaronal. En este punto se observó la falta de un adecuado cabezal de desfogue para mitigar el efecto de crecidas en el cuerpo de agua, que al mismo tiempo considere el potencial de inundación de la tubería misma. Adicionalmente, el personal operativo indicó que el punto de vertido no está inscrito ante la Dirección de Aguas, no se presentan reportes operacionales, no hay claridad total de si la quebrada puede ser declarada como de caudal permanente y tampoco se realizan las gestiones asociadas al canon ambiental por vertidos.

Figura 8 Punto de vertido en quebrada Camaronal.



Referencia: elaboración propia

Cabe mencionar que, al momento de realizar la visita, se encontró un vertido permanente de agua residual. Sin embargo, durante la presencia de personal de AyA en sitio en la PTAR principal no se determinó un afluente continuo de agua residual ni se encontró un efluente continuo a la salida de la misma. Esta situación, en conjunto con la apariencia del agua descargada, sugirió la posibilidad de que existiera una confusión del personal de la zona respecto a cuál es el agua que realmente está siendo vertida a la quebrada. Este aspecto se juzga con mayor claridad en la sección donde se abordan los resultados de los análisis de calidad de agua.

Por su parte, toda el agua residual resultante del lavado de pies que se hace en la entrada de la estación ubicada directamente en la playa fluye directamente al medio ambiente. A pesar de ser solamente agua con arena (mayoritariamente), no hay un control sobre esta agua residual. En esta misma ubicación se pueden encontrar algunos servicios sanitarios y lavamanos con su respectivo tanque séptico y drenaje.

IV.1.6 Análisis de calidad de agua residual

Luego de una revisión profunda en sitio, al no poder identificar un vertido propiamente en la salida de la PTAR principal, se decidió tomar una muestra en el punto de vertido a la quebrada Camaronal. Por disponibilidad de tiempo, solamente se realizó un muestreo puntual, por lo cual los resultados solamente permitirían presumir acerca de las condiciones de cumplimiento reglamentario. Para valorar una validez como se tiene establecido en la norma nacional, se habría requerido un muestreo compuesto por un espacio de tiempo de dos horas.

Para valorar el resultado de los análisis de agua residual (anexo 4) se considera como



referencia el Reglamento de Vertido y Reuso de aguas residuales. A partir del estudio respectivo, es posible resaltar los hallazgos detallados en las líneas subsiguientes.

Considerando que el vertido se dirige a un cuerpo receptor, se tiene un incumplimiento de calidad de vertido para los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno ($DBO_{5,20}$), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST). No es posible emitir criterios técnicos respecto a las causas de esta situación debido a que no se sabe con certeza de dónde viene el vertido encontrado en la quebrada. Por ello, en la sección de recomendaciones se hacen algunas sugerencias que podrían organizar mejor la gestión para poder emitir recomendaciones posteriormente.

IV.2 Aplicación de guías de inspección

Previo a emitir recomendaciones para los sistemas de agua de la estación Sirena, se emplearon herramientas emitidas por el Ministerio de Salud para evaluar este tipo de instalaciones. Esto permitió iniciar con un enfoque más general para luego enfocar el análisis en componentes específicos.

IV.2.1 Agua potable

Para valorar de manera general la condición de los diversos componentes del sistema de agua potable se aplicó la *Guía de inspección para calidad del agua potable – SERSA*. Este es un protocolo empleado por el Ministerio de Salud para conocer (en primera instancia) y eventualmente establecer acciones correctivas en este tipo de instalaciones. En el caso de la estación Sirena, el resultado de cada uno de los componentes fue el siguiente:

- **Naciente** – El nivel de riesgo es “alto”. En este caso los factores críticos identificados por la guía estuvieron relacionados con: la protección que impida el acceso a personas y animales, la reducción de la posible influencia de factores ambientales en la calidad o cantidad de agua, cobertura de tapas con medidas de seguridad, existencia de grietas en la protección de la captación, ausencia de medidas para evacuación de aguas de escorrentía, inexistencia de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección y valoración de riesgos generales de contaminación.
- **Almacenamiento** – El nivel de riesgo es “intermedio”. En este caso los factores críticos identificados por la guía estuvieron relacionados con: ausencia de malla de protección, ausencia de tapas con sistema de cierre seguro y ausencia de respiraderos o tuberías de rebalse con rejilla de protección.
- **Línea de conducción y sistema de distribución** – El nivel de riesgo es “intermedio”. En este caso los factores críticos identificados por la guía estuvieron relacionados con: existencia de fugas en la línea de conducción, ausencia de un sistema para purgar la tubería de distribución, falta de un fontanero capacitado de forma idónea para el mantenimiento de todos los componentes, y la carencia de un esquema oficial validado del sistema completo.

Lo anterior, denota la existencia de oportunidades de mejora que, en conjunto con lo establecido por el Ministerio de Salud, serán propuestas en las secciones subsiguientes.



IV.2.2 Agua residual

Para valorar de manera general la condición de los diversos componentes del sistema de agua residual se aplicó la *Guía de informe técnico para la inspección del sistema de tratamiento de aguas residuales*. Este es un protocolo empleado por el Ministerio de Salud para conocer (en primera instancia) y eventualmente establecer acciones correctivas en este tipo de instalaciones. En el caso de la estación Sirena, el resultado demuestra un incumplimiento de poco más del 80% de los criterios aplicados.

Estos aspectos van desde temas básicos de rotulación hasta aspectos clave como la existencia en sitio de manual de operación y mantenimiento, planos aprobados por la instancia gubernamental correspondiente y la existencia de una bitácora operativa foliada. Lo anterior, denota la existencia de oportunidades de mejora que, en conjunto con lo establecido por el Ministerio de Salud, serán propuestas en las secciones subsiguientes.

IV.3 Recomendaciones para los sistemas de agua

En este punto del informe, ya se realizó una descripción de las instalaciones. Posteriormente, con la identificación de los diversos usos de agua de los sistemas de agua de Sirena, se estimó la demanda probable de agua y la potencial generación de aguas residuales. De manera complementaria, se completaron algunas guías del Ministerio de Salud para inspección de este tipo de instalaciones.

A partir de todos estos hallazgos, se hace un análisis sanitario preliminar. Este enfoque permite elaborar algunos cálculos matemáticos que permiten valorar la potencial necesidad de mejoras profundas en los elementos por medio de los cuales se gestiona el agua en la estación. A continuación, se comentan los aspectos vinculados tanto al agua potable como al agua residual.

IV.3.1 Agua potable

El análisis inicia desde la captación y posteriormente se van examinando las condiciones de operación hasta llegar a la distribución, donde se dan propiamente los usos de agua. Por esta razón, en primera instancia se analizan las condiciones existentes en el sitio de captación de agua (naciente). En términos generales, si bien el sistema de agua potable de la estación Sirena ha permitido abastecer la población fija y flotante diariamente, son necesarias mejoras en aspectos legales y técnicos para asegurar la sostenibilidad de la operación a futuro.

En el caso de la potabilización, se considera que con mejoras menores se podría emplear un sistema muy similar al actual, siempre y cuando no se supere un caudal de agua de 3.8 L/s (328 m³/d); esto debido a la capacidad de los equipos instalados actualmente. La oportunidad de mejora más relevante se plantea en términos de la administración rutinaria y el mantenimiento de las instalaciones, tal y como lo establece la normativa nacional. A modo de síntesis, se recomienda analizar y eventualmente ejecutar los siguientes aspectos mínimos. Todo esto es necesario previo a considerar un aumento en la afluencia diaria de turistas en el parque.

Cuadro 4 Mejoras propuestas para los sistemas de agua potable de la estación Sirena

N°	Mejora	Detalle
1	Aforos	Medir el caudal de agua de la naciente captada (litros por



N°	Mejora	Detalle
		segundo), al menos una vez por semana durante todo el periodo de verano.
2	Caudal real disponible	Con base en los datos de los aforos, determinar el caudal real disponible y sus variaciones durante la época de estiaje (verano).
3	Inscripción de la fuente	Solicitar una concesión de agua superficial ante la Dirección de Aguas, para la fuente de Sirena.
4	Obra en punto de captación	<p>Diseñar y construir una obra civil que proteja la captación, que maximice el caudal aprovechado y que considere al menos los siguientes elementos: protección del afloramiento, cámara húmeda para regular el gasto por ser utilizado y una cámara seca que proteja la válvula de control. En caso de que al explorar la fuente más en detalle se considere mejor una estructura para captación de fondo, se puede considerar una cámara sin fondo que rodee el punto donde brota el agua con dos cámaras: una para almacenar el agua y regular el gasto por utilizar y otra seca para proteger válvulas de control de salida y desagüe (OPS, 2004).</p> <p>Adicionalmente, este diseño debe considerar obras complementarias, tales como: estabilización de ladera circundante, malla de protección, canales para conducción de agua de escorrentía, tapas con cierre seguro y rejillas para protección de respiraderos.</p>
5	Línea de conducción entre captación y almacenamiento	<p>Con la asesoría profesional del caso, revisar y rediseñar la línea de conducción entre la captación y el sitio de almacenamiento, de tal forma que se eliminen las fugas existentes, se permita evacuar aire y se garantice no solo condiciones adecuadas para conducir el caudal actual, sino también para soportar la presión de trabajo y eventuales fenómenos como el golpe de ariete. Según normativa vigente, se debe considerar velocidades entre 0.6 y 5.0 m/s, además de presiones de servicio adecuadas para el tipo de tubería seleccionado (AyA, 2017). De ser posible, se deben considerar puntos progresivos de purga, para evacuar sedimentos en caso de eventos naturales no previstos.</p> <p>Adicionalmente, se deben realizar mejoras en el soporte o apuntalamiento de las tuberías para tramos vulnerables a derrumbes y con pendientes pronunciadas, para minimizar el riesgo de fallo.</p>
6	Almacenamiento	Revisar y generar las mejoras necesarias para verificar que el almacenamiento tenga capacidad para satisfacer lo siguiente: compensación de fluctuaciones horarias de la demanda (sea con curvas de consumo o supuestos



N°	Mejora	Detalle
		<p>adicionales), combatir incendios (según normativa bomberos) y reserva por interrupciones (4 horas del caudal promedio diario). Esto se podrá establecer con certeza luego de ejecutar los puntos anteriores; por el momento, parece ser suficiente. Verificar la posibilidad de construir cerramiento perimetral y el aseguramiento de las tapas de registro de las tapas de los tanques.</p> <p>Instalar un medidor de caudal a la salida de la batería de tanques de almacenamiento para valorar el consumo real de la estación.</p> <p>Valorar la calidad de agua obtenida con el clorador actual, para ver si satisface requerimiento potable. Esto por cuanto el clorador es diseñado para piscinas. Para ello, también se debe trasladar el clorador antes del ingreso a los tanques de almacenamiento, para que se pueda tener el tiempo de contacto adecuado para garantizar desinfección (al menos 25 minutos).</p>
7	Línea de conducción entre almacenamiento y distribución	Revisar y rediseñar la línea de conducción entre la captación y el sitio de almacenamiento, de tal forma que se eliminen las fugas existentes, se permita evacuar aire y se garantice no solo condiciones adecuadas para conducir el caudal actual, sino también para soportar la presión de trabajo y eventuales fenómenos como el golpe de ariete. Según normativa vigente, se debe considerar velocidades entre 0.6 y 5.0 m/s, además de presiones de servicio adecuadas para el tipo de tubería seleccionado (AyA, 2017). De ser posible, se deben considerar puntos progresivos de purga, para evacuar sedimentos en caso de eventos naturales no previstos.
8	Demanda de agua y gestión de agua no contabilizada	<p>Sectorizar la estación para determinar el consumo de agua real por cada una de las actividades principales que se desarrollan en el sitio. Para ello, se requiere: un levantamiento de tubería (material, longitudes, diámetros y cédula), la decisión de la cantidad de sectores por monitorear y la instalación de un medidor de caudal y un manómetro en la entrada de cada uno de ellos.</p> <p>Esto permite cotejar y optimizar el consumo de agua de cada actividad en la estación. Adicionalmente, facilita el control de presiones y la verificación de que la cantidad de agua despachada en el almacenamiento sea igual a la consumida en distribución.</p> <p>Reemplazar, en la medida de lo posible, la grifería, los servicios sanitarios y mingitorios para que sean artefactos de bajo consumo de agua. Esto permite reducir de forma</p>



N°	Mejora	Detalle
		directa el consumo de agua en procura de una mayor capacidad de visitación.
9	Filtros y desinfección ultravioleta	Habilitar el funcionamiento continuo de los filtros y el sistema ultravioleta. Para ello, se recomienda reemplazar el filtro de carbón por un filtro adicional de partículas. El orden debe ser tal que primero se ubique el filtro de mayor tamaño de poro y luego del de tamaño de poro más pequeño.
10	Tubería de distribución	A partir de los datos generados en el proceso de reducción de la demanda de agua, valorar si es necesario rediseñar algún tramo de tubería de distribución. De ser posible, se deben considerar la instalación de puntos de purga, para evacuación de agua en caso de alguna necesidad operativa o de salud pública.
11	Levantamiento y elaboración de planos	A partir de los puntos anteriores, elaborar un levantamiento detallado de toda la infraestructura con la respectiva confección de planos. Esto facilitará la operación, permitirá planificar mejor el mantenimiento y brindará claridad al momento de planificar mejoras progresivas en los sistemas.
12	Documentación de la operación y mantenimiento del acueducto	Nombrar y capacitar un fontanero, encargado oficial de las tareas de operación y mantenimiento del acueducto. Para la capacitación se debe contemplar formación en: <ul style="list-style-type: none">- fontanería básica;- medición de caudales;- medición de parámetros básicos de calidad de agua; Consultar con el Ministerio de Salud la frecuencia mínima y número de muestras a recolectar en fuentes de abastecimiento y red de distribución para el control operativo, nivel 1, nivel 2 y nivel 3. Esto por cuanto el Reglamento para la Calidad del Agua Potable está estipulado por cantidad de habitantes, mientras que la estación Sirena recibe población flotante (no mayor a 2000 personas por día). Crear una bitácora física en sitio que incluya como mínimo los siguientes aspectos: <ul style="list-style-type: none">- datos de turbiedad, olor y cloro residual en fuente y redes de distribución;- datos del programa de control de calidad del agua (artículo 13 del Reglamento para la Calidad del Agua Potable);
13	Plan de mantenimiento	Elaborar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo



N°	Mejora	Detalle
		de todos los componentes de los sistemas de agua. Esto debe estar acompañado de la capacitación respectiva al personal de mantenimiento y la dotación de todas las herramientas necesarias, acordes con la especificación incluida en el plan.
14	Trámites y reportes ante instituciones públicas	Nombrar y capacitar un encargado de gestión de trámites y confección de reportes recurrentes ante instituciones públicas. Esto debe contemplar como mínimo: <ul style="list-style-type: none">- trámite del permiso sanitario de funcionamiento ante el Ministerio de Salud;- confección, entrega y seguimiento a reportes semestrales de calidad del agua potable ante la Dirección del Área Rectora de Salud que corresponda (artículo 11 del Reglamento para la Calidad del Agua Potable);- pago del canon de aprovechamiento de agua.

Referencia: elaboración propia

IV.3.2 Agua residual

En el caso del agua residual, como primer paso se analizan condiciones generales de los sistemas. Posteriormente, se analizan algunas particularidades de ciertas instalaciones de tratamiento y disposición final de efluentes. La oportunidad de mejora más relevante se plantea en términos de la administración rutinaria y el mantenimiento de las instalaciones (tal y como lo establece la normativa nacional), así como la toma de decisión respecto a la planta Bionest®. A modo de síntesis, se recomienda analizar y eventualmente ejecutar los siguientes aspectos mínimos. Todo esto es necesario previo a considerar un aumento en la afluencia diaria de turistas en el parque.

Cuadro 5 Mejoras propuestas para los sistemas de agua residual de la estación Sirena

N°	Mejora	Detalle
1	Aforos	Crear las condiciones necesarias para inspeccionar, medir el caudal y tomar muestras de aguas residuales en el ingreso y salida (siempre que sea posible) de cada uno de los puntos de tratamiento existentes en la estación: <ul style="list-style-type: none">- tanque séptico y drenaje de casa de guardaparques;- tanque séptico y drenaje contiguo a la batería principal de baños;- tanque séptico y drenaje de cocina;- tanque séptico y drenaje de playa (recepción);- PTAR principal;- lavado de pies en punto de recepción.
2	Levantamiento de redes	Hacer un levantamiento de tubería (material, longitudes, diámetros y cédula) que permita validar el destino de



N°	Mejora	Detalle
		todas las aguas residuales. Para ello se recomienda efectuar un procedimiento con sal como trazador que permita observar picos de conductividad en el agua. De forma alternativa, también se puede emplear fluoresceína para esta misma finalidad.
2	Verificación de la construcción de tanques sépticos y drenajes	A partir de las pruebas de infiltración, revisar que la construcción de los sistemas de drenaje haya sido acorde con las recomendaciones técnicas vigentes para esta finalidad (Rosales Escalante, 2003).
3	PTAR principal	<p>Decidir si es posible establecer el suministro eléctrico necesario para mantener en funcionamiento permanente todos los sopladores de la PTAR principal.</p> <p>En caso de que sí sea posible, se debe restaurar la instalación, los equipos soplantes y los difusores internos de aire. Además de realizar una revisión general del funcionamiento de todos los accesorios de la PTAR. Además, se debe procurar una nueva puesta en marcha del sistema de tratamiento de aguas residuales; esto podría implicar la extracción de lodo séptico acumulado en todas las cámaras de tratamiento, junto con un plan para su estabilización y disposición final.</p> <p>En caso de que no sea posible, se debe considerar una de las siguientes alternativas:</p> <ul style="list-style-type: none">• reemplazar el sistema Bionest ® por una opción prefabricada similar a la conocida como Biorock ®, la cual funciona de manera muy similar a Bionest ®, con la diferencia de que el tratamiento aerobio no requiere de sopladores, sino que se realiza por ventilación natural (sin consumo energético); se pasa de un esquema de lodos activados a un filtro percolador;• reemplazar la etapa aerobia del sistema Bionest ® por una opción construida en sitio, tal como podría ser un humedal artificial de flujo subsuperficial; en este caso se aprovecha la etapa de sedimentación de Bionest ® y se construyen al menos dos celdas del humedal artificial para depurar el efluente previo a su vertido a cuerpo receptor.
4	Permiso de vertidos	<p>Solicitar un dictamen sobre cuerpo de agua, ante la Dirección de Aguas, que permita definir si la quebrada Camaronal es de caudal permanente.</p> <p>Solicitar un permiso de vertidos ante la Dirección de</p>



N°	Mejora	Detalle
		Aguas, para la quebrada Camaronal.
5	Permiso de ubicación	Consultar con el Ministerio de Salud acerca de la necesidad de tramitar un permiso de ubicación para la PTAR principal de la estación.
6	Elaboración y aprobación de planos	Consultar con el Ministerio de Salud acerca de la necesidad de tramitar un visado de planos para la PTAR principal de la estación. O al menos realizar un levantamiento completo de los sistemas para operar mejor, planificar más acertadamente el mantenimiento y facilitar la toma de decisiones vinculadas con mejoras progresivas.
7	Documentación de la operación y mantenimiento de los sistemas de aguas residuales	<p>Nombrar y capacitar un operador, encargado oficial de las tareas de operación y mantenimiento de los sistemas de agua residual. Para la capacitación se debe contemplar formación en:</p> <ul style="list-style-type: none">- fontanería básica;- medición de caudales;- medición de parámetros básicos de calidad de agua residual (pH, temperatura, sólidos sedimentables);- se debe incluir oxígeno disuelto, en el caso de que se decida mantener el sistema Bionest®. <p>Aunque la normativa establece como mínimo la necesidad de realizar mediciones mensuales, conviene realizar las mismas al menos una vez por semana.</p> <p>Crear una bitácora física en sitio que incluya como mínimo los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none">- datos de caudal, pH, temperatura y sólidos sedimentables en la entrada y la salida de la PTAR;- datos de caudal, pH, temperatura y sólidos sedimentables en la entrada y la salida de las trampas de grasas. <p>Solicitar al proveedor del sistema Bionest® (o el que se decida instalar) el Manual de Operación y Mantenimiento, para que sea custodiado y utilizado en sitio.</p> <p>Además, se debe dotar de todas las herramientas necesarias para el adecuado mantenimiento del sistema de aguas residuales y para la eventual gestión de lodos que se defina.</p>
8	Plan de mantenimiento	Elaborar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo



N°	Mejora	Detalle
		de todos los componentes de los sistemas de agua. Esto debe estar acompañado de la capacitación respectiva al personal de mantenimiento y la dotación de todas las herramientas necesarias, acordes con la especificación incluida en el plan.
9	Otras mejoras a la luz del Reglamento para aprobación de sistemas de tratamiento de aguas residuales (39887-S-MINAE)	<p>Diseñar y construir un cabezal de desfogue de acuerdo con lo que se apruebe para descarga al cuerpo de agua.</p> <p>Diseñar y construir un sistema que permita iluminar el predio de trabajo, al menos para la PTAR principal.</p> <p>Rotular todas las etapas de las instalaciones de gestión de aguas residuales, incluyendo cada etapa de los procesos de tanque séptico y drenaje, trampas de grasa, y los componentes de la PTAR principal.</p> <p>Contar con suministro eléctrico en caso de emergencia, para el funcionamiento temporal de los equipos electromecánicos de la PTAR Bionest®, si se decide mantenerla.</p> <p>Construir malla o tapia perimetral de 2 m de altura alrededor de la PTAR principal.</p> <p>Contar con una alternativa para la disposición periódica de los biosólidos generados en cada sistema de tratamiento, ya sea en relleno sanitario o bien, por medio de actividades agropecuarias o acondicionamiento de suelos.</p>
10	Trámites y reportes ante instituciones públicas	<p>Nombrar y capacitar un encargado de gestión de trámites y confección de reportes recurrentes ante instituciones públicas. Esto debe contemplar como mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none">- trámite del permiso sanitario de funcionamiento ante el Ministerio de Salud;- confección, entrega y seguimiento a reportes operacionales semestrales ante la Dirección del Área Rectora de Salud que corresponda (artículo 11 del Reglamento de vertido y reuso de aguas residuales);- seguimiento a renovaciones del permiso de vertidos;- pago del canon ambiental por vertidos.

Referencia: elaboración propia

V. Estación biológica San Pedrillo

Para el análisis de las condiciones de los sistemas de agua de la estación, se sigue la siguiente metodología:

- descripción general de las instalaciones;
- usos de agua;
- valoración de la demanda probable;
- análisis de sistemas de agua para consumo;
- análisis de sistemas de agua residual;
- aplicación de la guía de inspección para calidad de agua potable “SERSA” (Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud), disponible en el [sitio web del Ministerio de Salud](#);
- aplicación de la guía de informe técnico para la inspección del sistema de tratamiento de aguas residuales, disponible en el [sitio web del Ministerio de Salud](#);
- recomendaciones para mejora de los sistemas.

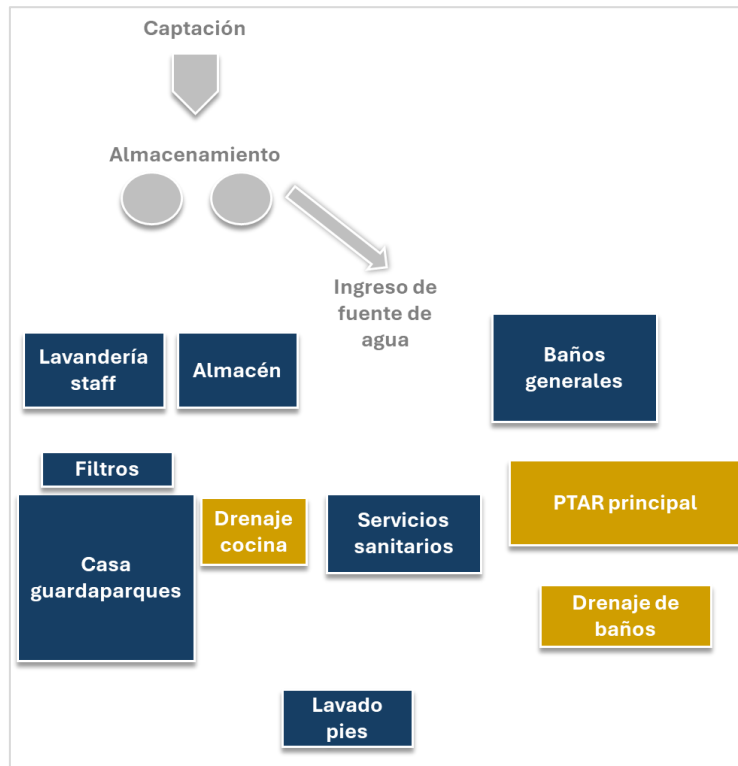
V.1 Descripción y evaluación general de instalaciones

La estación San Pedrillo es un asentamiento por medio del cual se reciben visitantes en algunos sectores del Parque Nacional Corcovado. En este lugar se tienen varias funcionalidades, tales como: apoyo administrativo, cocina para guardaparques, comedor para guardaparques, dormitorios para guardaparques, lavandería, servicios sanitarios, entre otros. Ahora bien, para facilitar la comprensión de los principales componentes de las instalaciones, se elaboró tanto el detalle del anexo 8 como un croquis general del sitio.

Según información suministrada por personal de la estación, las instalaciones permiten un aforo máximo de 250 personas (temporada alta) para lo que se conoce como tour de un día. En época baja se puede contar con la visita diaria de 150 personas. A diferencia del caso de Sirena, en esta estación no existe la posibilidad de pernoctación por parte de turistas; la única persona que permanece en sitio es un guardaparques. Aunque sería posible considerar la posibilidad de habilitar que los visitantes acampen en el sitio, no se recomienda de momento, hasta no implementar todas las mejoras vinculadas con los sistemas de agua potable y aguas residuales.



Figura 9 Distribución de las instalaciones en la estación San Pedrillo.



Referencia: elaboración propia

V.1.1 Usos del agua

Debido a que no existe medición periódica de consumos de agua en la estación San Pedrillo, durante la visita se elaboró un levantamiento de los puntos de uso del recurso hídrico. A partir de esta información y empleando algunos supuestos adicionales, se estimó el potencial consumo de agua. Si se consideran 250 visitantes diarios, la demanda base potencial es cercana a $9.3 \text{ m}^3/\text{d}$ (ver anexo 7). Esto es un dato inicial que permite conocer el orden de magnitud alrededor del cual se puede encontrar el requerimiento de recurso hídrico en la estación; sin embargo, es necesario realizar comprobaciones adicionales para mejorar su validez.

Tal y como se observa en el anexo 5, para el presente estudio se definieron 5 áreas de trabajo que permiten la operación de la estación. En cada caso, si bien se emplearon supuestos para estimar el consumo de agua, también es posible tomar en cuenta normativa tal como el *Manual técnico de dotaciones de agua* (MINAE, 2021). Este documento muestra valores tales como los detallados en el siguiente cuadro.



Cuadro 6 Información de consumo de agua acorde con el *Manual técnico de dotaciones*

Actividad	Dotación (incluye personas colaboradoras y usuarios)	Posible asocie a las áreas de trabajo en Sirena
Oficinas administrativas de actividades de administración pública en general	20 L/m ² /d	-
Baños públicos	50 L/asistente/d	Baños generales
Mantenimiento PTAR	3.7 L / (m ³ de agua tratada/d)	-
Poblaciones rurales	200 L/persona/d	Casa guardaparques

Referencia: (MINAE, 2021)

A partir de esta información, se observó que las áreas de trabajo definidas que no son contempladas por la normativa de MINAE son: almacén, lavandería y recepción. A partir de esta condición, se recalculó la demanda base de agua para las actividades del parque nacional, según el detalle del cuadro que se muestra a continuación.

Cuadro 7 Estimación del consumo de agua con aportes del *Manual técnico de dotaciones*

Áreas de trabajo	Supuestos	Consumo de agua potable (m ³ /d)
Casa guardaparques	1 guardaparques, voluntario, 200 L/persona/d	$2 \text{ personas} \cdot 200 \frac{\text{L}}{\text{persona} \cdot \text{d}} = 400 \frac{\text{L}}{\text{d}}$ $= 0.4 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$
Baños generales	250 visitantes, L/asistente/d	$(250) \cdot 50 \frac{\text{L}}{\text{asistente} \cdot \text{d}} = 12500 \frac{\text{L}}{\text{d}}$ $= 12.5 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$
Almacén	Dato igual al del anexo 5	0.07 m ³ /d
Lavandería	Dato igual al del anexo 5	0.13 m ³ /d
Recepción	Dato igual al del anexo 5	4.50 m ³ /d
Total		17.6 m³/d

Referencia: elaboración propia

En términos generales, las estimaciones mostraron que es posible emplear un valor conservador de uso directo de agua un tanto más alto para los baños generales. No obstante, se considera más certera la aproximación realizada anteriormente (anexo 5). Adicionalmente, se observó que prácticamente un 45% del consumo corresponde a los baños generales, 47% al lavado de pies en la recepción del parque, seguido por el establecimiento para guardaparques con un 3.7%. El resto de las áreas de trabajo completan el uso total del agua.

Ahora bien, el uso de agua no solamente es el directo, sino que existen otras consideraciones generales de diseño. Por esta razón, en las secciones subsiguientes se analizó el escenario de requerimiento de agua considerando usos de carácter normativo.

V.1.2 Demanda probable

Para la estimación de la demanda probable, se consideró lo establecido por la *Norma técnica*



para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial (AyA, 2017). En esta normativa se establece la necesidad de considerar un caudal máximo diario y uno máximo horario, por medio de factores multiplicadores. Lo anterior permite atender los diversos escenarios de consumo que se pueden presentar en sistemas de abastecimiento poblacional. Por tanto, las premisas generadas fueron las siguientes:

- Caudal promedio diario: $9.3 \text{ m}^3/\text{d}$
- Caudal máximo diario: $1.2 \cdot 9.3 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} = 11 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$
- Caudal máximo horario: $1.8 \cdot 9.3 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} = 17 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$

Aunque siempre es necesario llevar a cabo una estimación específica acorde con la visitación y todo el personal y las labores de logística, a partir de las cifras anteriores es posible estimar un consumo global promedio de 37 L/turista/d. El valor máximo diario sería 44 L/turista/d y el máximo horario 68 L/turista/d (siempre que no haya cambios en la modalidad de visita). En términos de aguas residuales, considerando un escenario conservador con un factor de retorno de 0.80, se asumieron los siguientes valores:

- Caudal promedio diario de agua residual: $8 \text{ m}^3/\text{d}$
- Caudal máximo diario de agua residual: $8.8 \text{ m}^3/\text{d}$
- Caudal máximo horario de agua residual: $13.6 \text{ m}^3/\text{d}$

V.1.3 Sistemas de agua para consumo

El agua empleada para consumo humano en la estación proviene de una naciente. Se cuenta con obra civil para captación de agua lateral en una sección montañosa. A partir de este punto, se conduce el agua por medio de tubería de polietileno de alta densidad, la cual se encuentra en el fondo de un canal de tierra que va desde la captación hasta un punto en la montaña donde se debe atravesar vegetación densa. Posteriormente, el agua ingresa directamente a dos tanques de almacenamiento 1100 L, para un volumen total de 2.2 m^3 .



Figura 10 Captación de agua en la estación San Pedrillo.



Referencia: elaboración propia

En el sitio de tanques, el caudal puntual aforado se ubicó alrededor de 1.25 L/s; este valor es apenas una referencia, pues constituye una medición única en el tiempo y no se cuenta con información suficiente para realizar un análisis estadístico formal. A partir de este supuesto, se puede indicar que el sistema cuenta con un almacenamiento suficiente para almacenar el 24% de la demanda promedio diaria y prácticamente el 13% de la demanda máxima horaria; todo esto constituye un escenario limitado de gestión. Esto se une al hecho de que no existe operación alguna de desinfección previo al consumo del agua.

Figura 11 Sitio de almacenamiento de agua.



Referencia: elaboración propia



El tiempo de residencia que se podría alcanzar en los tanques, si existiera desinfección, es de aproximadamente 24 minutos. Sin embargo, no se encontró un punto habilitado para la dosificación de cloro en alguna de sus especies comerciales disponibles.

$$Tiempo = \frac{2.2m^3}{1.5 \frac{L}{s} \cdot \frac{1m^3}{1000 L} \cdot \frac{60 s}{1 min}} = 24.4 min$$

Todos los espacios, desde la captación hasta el sitio de almacenamiento, son totalmente abiertos. Debido a la naturaleza del área de conservación, se observó presencia de mucha vegetación suelta en el sitio y tanto la captación como el sitio de almacenamiento están expuestos (sin cerramiento). La mayor cantidad de fugas se encontró entre la naciente y el sitio de almacenamiento.

Seguidamente, el agua circula hasta un conjunto de unidades de tratamiento en línea, donde el personal operativo indicó que en algún momento existió solamente un tren de tratamiento compuesto por los siguientes elementos: un cartucho de carbón activado seguido por un cartucho para filtración de partículas y luego radiación ultravioleta (este último no se encontraba en sitio al momento de la visita). Los componentes de este sistema son los siguientes:

- Carcasas de filtro (sin importar si son para el carbón o para cartuchos)
 - marca Pentair, modelo Heavy Duty Pentek Big Blue;
 - construcción en polipropileno;
 - diámetro de entradas y salidas 1”;
 - longitud de carcasa 20”;
 - presión máxima 90 psi;
 - pérdida de carga inicial según caudal: 1 psi @ 0.9 L/s; 4 psi @ 1.9 L/s; 12 psi @ 3.2 L/s;
- Filtros de partículas
 - marca Axeon, modelo SDF-45-2005;
 - construcción en polipropileno;
 - tamaño de poro para retención de partículas 5 µm;
 - pérdida de carga inicial según caudal: 1 psi @ 1.26 L/s.
- Filtros de carbón
 - marca Axeon, modelo CBF-45-2010;
 - construcción en polipropileno;



- relleno con arcón activado de fibra de coco, con lavado ácido;
- tamaño de poro para retención de partículas 10 μm ;
- pérdida de carga inicial según caudal: no se indica.
- Equipo de radiación ultravioleta (se presume el mismo de la estación Sirena)
 - marca Viqua, modelo VP600;
 - construcción en acero inoxidable AISI 304;
 - diámetro de entradas y salidas 1”;
 - capacidad de tratamiento (hidráulica) 1.9 L/s;
 - radiación al caudal nominal 25 mJ/cm^2 ;
 - presión máxima 125 psi;
 - requerimiento de calidad de agua para operación idónea: dureza < 120 mg/L , hierro < 0.3 mg/L , taninos < 0.1 mg/L ;

Figura 12 Equipo de “filtros” en la estación San Pedrillo.



Referencia: elaboración propia

De acuerdo con la información documentada hasta este punto, el equipamiento para potabilización instalado en sitio restringe el aprovechamiento a un máximo de 1.9 L/s. Esto constituye un elemento básico (fuera del servicio al realizar la visita) por valorar en conjunto con el estado de la captación, la conducción y la información de calidad de agua. Por otra parte, si



bien el tren de tratamiento compuesto por filtro + carbón activado + ultravioleta podría aportar mucho en la cadena de procesos de potabilización, es posible que haya algún tipo de efecto secundario no deseado sobre la concentración de cloro procedente del almacenamiento.

El cloro es más eficiente para inactivar bacterias, algunos hongos, algas y muy pocos virus. Por su parte, la radiación ultravioleta tiene los mismos efectos del cloro y además atiende mejor los problemas causados por presencia de virus, protozoos y esporas. Es decir, el cloro y la radiación son técnicas complementarias. Adicionalmente, el carbón activado remueve cloro residual.

Por estas razones, considerando el buen tiempo de contacto que podría tener el cloro en la etapa de almacenamiento si se instalara un sistema de desinfección, conviene optar por una de las siguientes alternativas:

- reemplazar el filtro de carbón por un filtro de partículas y posteriormente habilitar el funcionamiento continuo del equipo, considerando primero el cartucho con mayor tamaño de poro;
- mantener el filtro de carbón y posteriormente habilitar un segundo punto de desinfección (para mantener una concentración residual adecuada), para que el equipo pueda ya funcionar de forma continua.

V.1.4 Análisis de calidad de agua potable

Durante la visita se tomaron dos muestras para analizar la calidad del agua potable: en la naciente y en un punto de la cocina de la casa de guardaparques (red de distribución). Para el caso de los análisis realizados en la naciente (anexo 9), considerando como punto de referencia el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, es posible resaltar los hallazgos detallados en las líneas subsiguientes.

Para el caso del agua cruda (sin tratamiento) solamente se tienen dos incumplimientos de calidad, específicamente para coliformes fecales y *Escherichia coli*. Es decir, el agua es de calidad muy aceptable (acorde con la legislación) en una gran mayoría de aspectos, a pesar de tratarse de agua cruda como tal. No obstante, esta agua cruda no es apta para consumo humano.

Es posible que la afectación por concepto de coliformes sea causada por la interacción inevitable del agua con la naturaleza circundante en el sitio de captación. En lo relacionado con la *E. coli*, este es un indicador mucho más preciso de contaminación fecal reciente, porque la mayoría de los coliformes fecales pueden crecer en el ambiente, pero *E. coli* casi siempre indica que la afectación está presente, señalando un mayor riesgo de patógenos como virus o parásitos que no se detectan fácilmente con las pruebas de coliformes generales.

A diferencia del caso de Sirena, en este sistema no se presenta amonio y el agua tiene una naturaleza menos cálcica (no se considera agua dura). Estos son aspectos favorables para los usos de agua en la casa de guardaparques y los sitios para servicios a visitantes, así como para la facilidad operativa de la desinfección.

De manera complementaria, llama la atención la ausencia casi total de metales (salvo aluminio y hierro). Al observar el reporte en la sección ubicada entre aluminio y zinc, se puede notar la



expresión “N.D.”, la cual quiere decir que no se detectaron muchas de esas sustancias aún con los excelentes niveles de sensibilidad que maneja el Laboratorio Nacional de Aguas. Esto es una condición muy favorable y adecuada que deberá ser contrastada contra los resultados de la red; la presencia de aluminio y hierro en las condiciones reportadas no constituye problema alguno y es común que ocurran en la naturaleza.

Para el caso del análisis en la red de distribución, se observa que el agua no es de calidad potable. Se sigue manteniendo la afectación por concepto de los indicadores de coliformes fecales y *E. coli*, lo cual de esperar porque no existe desinfección habilitada en el sistema. Además, se observa un ligero incremento en la concentración de hierro y aluminio, lo cual puede ser ocasionado por la acumulación de estos elementos en forma de ligeros sólidos suspendidos en las redes de distribución. Esto es muy común cuando son redes con baja frecuencia de uso en algunos de sus puntos de distribución.

V.1.5 Sistemas de agua residual

El agua residual generada en la estación es tratada de manera descentralizada; es decir, no existe un medio único para llevar a cabo esta labor. Los sistemas de tratamiento y disposición final de aguas residuales son los siguientes:

- sitio 1 → tanque séptico, trampa de grasas y drenaje para aguas de cocina y casa de guardaparques;
- sitio 2 → planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) principal y drenaje.

El sistema correspondiente a “sitio 1” permite tratar y disponer las aguas residuales de la cocina de la casa de guardaparques. Según el personal operativo de la estación, requiere mejoras para poder utilizarla con óptimas condiciones y es un riesgo que pronto podría generar molestias a los visitantes. De parte del personal de AyA, al momento de realizar la visita, se documentó lo siguiente:

- No se pudo encontrar interceptores o trampas de grasas formalmente construidos, bajo estándares técnicos mínimos para este tipo de procesos, lo cual podría generar una separación inapropiada de sólidos residuales y grasas con la consecuente emisión de olores ofensivos;
- No se encontraron planos detallados que permitieran valorar las estructuras que se encontraban enterradas;
- No se observaron las dimensiones óptimas para el tanque séptico, que permitan evitar atascamiento progresivo de drenajes.



Figura 13 Componentes del sistema de trampa de grasas y aceites.



Referencia: elaboración propia

Debe reconstruirse el tanque séptico para cumplir con estándares mínimos sanitarios. Adicionalmente, se debe diseñar y construir un sistema para separación de grasas y aceites procedentes de la cocina de la casa de guardaparques. Para esta finalidad, se recomienda atender los criterios emitidos por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA, 2017):

- facilidad para remoción periódica de flotantes y residuos sólidos;
- tiempo de retención mínimo de 24 minutos, considerando el flujo máximo real;
- entrada y salida sumergidas, con accesorios en “T” cuyo diámetro sea al menos 3” y el niple respectivo;
- tapa de registro sellada;
- ventilación que permita evacuar gases desde el interior de la unidad (al menos 2”);
- preferiblemente con bandeja interna para extracción de grasa;
- profundidad total de al menos 80 cm;
- espacio libre entre nivel del líquido y la parte superior de la unidad de al menos 20 cm;
- relación largo:ancho comprendida entre 2:1 a 3:2;
- con aberturas de acceso sobre la entrada, la salida y en cada compartimento interno del interceptor de grasas;
- diferencia de nivel entre entrada y salida mayor a 5 cm;



- almacenamiento de grasas solo si la capacidad total es mayor a 600 L, donde el establecimiento trabaje en forma continua por más de 16 h;
- trampa de grasa y compartimento de almacenamiento de grasa conectados por medio de vertedor de rebose, el cual deberá estar a 5 cm por encima del nivel de agua;
- volumen total de almacenamiento de grasa debe ser al menos 1/3 del volumen total de la trampa de grasa;
- interceptores de grasa con al menos con dos compartimentos;
- trampas de grasa con al menos un compartimento;
- muro intermedio de separación a una distancia entre $2/3$ y $3/4$ del largo total desde la pared de ingreso;
- comunicación entre cámaras por medio de codo de radio largo o “T”, no menor a 4”, instalado a una altura mínima equivalente al 28% de la altura del líquido y como máximo 50%;
- interceptores y trampas con cámara a la salida para toma de muestras del efluente;
- sifón con sello de agua de al menos 5 cm;
- capacidad mínima de la trampa de grasa si se atienden hasta 50 personas: 470 L;
- respetar los criterios adicionales establecidos en el anexo A del Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, para el caso de interceptores de grasa.

En el caso de la PTAR principal, no fue posible observar ninguno de sus componentes internos, debido a que todas las tapas se encontraban atornilladas y el personal de mantenimiento no contaba con la herramienta adecuada para la manipulación de los tornillos. Sin embargo, se pudo observar en campo que la instalación es de la casa fabricante Bionest®. Asimismo, se observó que estaba compuesta por cuatro registros (una tercera parte del tamaño de la PTAR en Sirena); sin embargo, no fue posible determinar si estos componían una sola unidad de tratamiento o varias de ellas. La descripción del funcionamiento típico de este tipo de sistemas se puede encontrar en la sección correspondiente a la estación Sirena.

En el caso de San Pedrillo, el componente aerobio está diseñado para funcionar con el aporte de oxígeno que proviene de un sistema sopladores (externos), complementado con un sistema sumergido de distribución de aire. Esta aireación es indispensable, pues sostiene la actividad metabólica de la biopelícula y permite mantener un ambiente adecuado para los microorganismos responsables de la degradación. Una vez completado el contacto biológico, el flujo pasa a una unidad de sedimentación secundaria donde los lodos biológicos se separan por gravedad, produciendo un efluente clarificado que puede someterse a desinfección si la normativa lo requiere.



Figura 14 PTAR principal: (a) vista general en sitio; (b) vista de cada tapa de registro.



(a)



(b)

Referencia: elaboración propia

Lamentablemente, no se encontró soplador alguno en sitio. El personal operativo indicó que en su momento la oferta de energía eléctrica en la estación no permitió la operación continua del conjunto de sopladores y por esa razón fueron retirados. Si bien es claro que el sistema de tratamiento Bionest® cuenta con prestigio en el mercado de tratamiento de aguas residuales, no se pudo encontrar documentación técnica específica para la instalación existente en San Pedrillo. No obstante, es recomendable que la administración de la estación decida acerca del enfoque que desean seguir para la PTAR principal:

- si se considera posible establecer suministro eléctrico necesario para mantener en funcionamiento permanente todos los sopladores de la PTAR, simplemente se debe realizar la reparación de estos, para procurar una nueva puesta en marcha del sistema de tratamiento de aguas residuales; esto podría implicar la extracción de lodo séptico



acumulado en todas las cámaras de tratamiento, junto con un plan para su estabilización y disposición final (estabilización alcalina, compostaje y reuso en suelo, o bien una alternativa análoga a la que ya se tiene para la gestión de residuos de las trampas de grasa y de la cocina por medio de un gestor autorizado);

- si no se considera posible establecer el suministro eléctrico necesario para mantener en funcionamiento permanente todos los sopladores de la PTAR, se sugiere considerar una de las siguientes alternativas:
 - reemplazar el sistema Bionest ® por una opción prefabricada similar a la conocida como **Biorock ®**, la cual funciona de manera muy similar a Bionest ®, con la diferencia de que el tratamiento aerobio no requiere de sopladores, sino que se realiza por ventilación natural (sin consumo energético); se pasa de un esquema de lodos activados a un filtro percolador;
 - reemplazar la etapa aerobia del sistema Bionest ® por una opción construida en sitio, tal como podría ser un **humedal artificial de flujo subsuperficial**; en este caso se aprovecha la etapa de sedimentación de Bionest ® y se construyen al menos dos celdas del humedal artificial para depurar el efluente previo a la infiltración en el suelo.

Cabe mencionar que, debido a la naturaleza intermitente de las actividades turísticas en el sitio y considerando la baja afluencia de visitantes el día de la inspección realizada por AyA, al momento de realizar la visita no se encontró caudal de agua residual ingresando a la PTAR principal. Para que un muestreo de aguas residuales sea representativo se debe contar con un ingreso de aguas al sistema de forma continua por un tiempo mínimo de dos horas (Decreto Ejecutivo N° 33601-S-MINAE "Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales", Anexo 2, pto 5.), lo que en este caso no sucedió. Adicionalmente, toda el agua residual resultante del lavado de pies que se hace en la entrada de la estación ubicada directamente en la playa fluye directamente al medio ambiente. A pesar de ser solamente agua con arena (mayoritariamente), no hay un control sobre esta agua residual.

V.2 Aplicación de guías de inspección

Previo a emitir recomendaciones para los sistemas de agua de la estación San Pedrillo, se emplearon herramientas emitidas por el Ministerio de Salud para evaluar este tipo de instalaciones. Esto permitió iniciar con un enfoque más general para luego enfocar el análisis en componentes específicos.

V.2.1 Agua potable

Para valorar de manera general la condición de los diversos componentes del sistema de agua potable se aplicó la *Guía de inspección para calidad del agua potable – SERSA*. Este es un protocolo empleado por el Ministerio de Salud para conocer (en primera instancia) y eventualmente establecer acciones correctivas en este tipo de instalaciones. En el caso de la estación San Pedrillo, el resultado de cada uno de los componentes fue el siguiente:

- **Naciente** – El nivel de riesgo es “intermedio”. En este caso los factores críticos identificados por la guía estuvieron relacionados con: la protección que impida el acceso



a personas y animales, la reducción de la posible influencia de factores ambientales en la calidad o cantidad de agua (presencia de hojas y vegetación en general, potencial de obstrucción de tuberías por arrastre de sedimento, entre otros), ausencia de medidas para evacuación de aguas de escorrentía, inexistencia de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección y valoración de riesgos generales de contaminación.

- **Almacenamiento** – El nivel de riesgo es “alto”. En este caso los factores críticos identificados por la guía estuvieron relacionados con: ausencia de mantenimiento rutinario, ausencia de malla de protección, ausencia de sistema de desinfección, ausencia de tapas con sistema de cierre seguro y ausencia de respiraderos o tuberías de rebalse con rejilla de protección.
- **Línea de conducción y sistema de distribución** – El nivel de riesgo es “alto”. En este caso los factores críticos identificados por la guía estuvieron relacionados con: existencia de fugas en la línea de conducción, carencia de cloro residual en redes, interrupciones ocasionales del servicio, ausencia de un sistema para purgar la tubería de distribución, falta de un fontanero capacitado de forma idónea para el mantenimiento de todos los componentes, y la carencia de un esquema oficial validado del sistema completo.

Lo anterior, denota la existencia de oportunidades de mejora que, en conjunto con lo establecido por el Ministerio de Salud, serán propuestas en las secciones subsiguientes.

V.2.2 Agua residual

Para valorar de manera general la condición de los diversos componentes del sistema de agua residual se aplicó la *Guía de informe técnico para la inspección del sistema de tratamiento de aguas residuales*. Este es un protocolo empleado por el Ministerio de Salud para conocer (en primera instancia) y eventualmente establecer acciones correctivas en este tipo de instalaciones. En el caso de la estación San Pedrillo, el resultado demuestra un incumplimiento de poco más del 80% de los criterios aplicados.

Estos aspectos van desde temas básicos de rotulación hasta aspectos clave como la existencia en sitio de manual de operación y mantenimiento, planos aprobados por la instancia gubernamental correspondiente y la existencia de una bitácora operativa foliada. Lo anterior, denota la existencia de oportunidades de mejora que, en conjunto con lo establecido por el Ministerio de Salud, serán propuestas en las secciones subsiguientes.

V.3 Recomendaciones para los sistemas de agua

En este punto del informe, ya se realizó una descripción de las instalaciones. Posteriormente, con la identificación de los diversos usos de agua de los sistemas de agua de San Pedrillo, se estimó la demanda probable de agua y la potencial generación de aguas residuales. De manera complementaria, se completaron algunas guías del Ministerio de Salud para inspección de este tipo de instalaciones.

A partir de todos estos hallazgos, se hace un análisis sanitario preliminar. Este enfoque permite elaborar algunos cálculos matemáticos que permiten valorar la potencial necesidad de mejoras profundas en los elementos por medio de los cuales se gestiona el agua en la estación. A continuación, se comentan los aspectos vinculados tanto al agua potable como al agua residual.



V.3.1 Agua potable

El análisis inicia desde la captación y posteriormente se van examinando las condiciones de operación hasta llegar a la distribución, donde se dan propiamente los usos de agua. Por esta razón, en primera instancia se analizan las condiciones existentes en el sitio de captación de agua (naciente). En términos generales, si bien el sistema de agua potable de la estación San Pedrillo ha permitido abastecer la población fija y flotante diariamente, son necesarias mejoras en aspectos legales y técnicos para asegurar la sostenibilidad de la operación a futuro.

En el caso de la potabilización, se considera que con mejoras menores se podría emplear un sistema muy similar al actual, siempre y cuando no se supere un caudal de agua de 1.9 L/s (163 m³/d), lo cual es limitado por la capacidad de los filtros y el sistema ultravioleta. La oportunidad de mejora más relevante se plantea en términos de la administración rutinaria y el mantenimiento de las instalaciones y la implementación de la desinfección, tal y como lo establece la normativa nacional. A modo de síntesis, se recomienda analizar y eventualmente ejecutar los siguientes aspectos mínimos.

Cuadro 8 Mejoras propuestas para los sistemas de agua potable de la estación San Pedrillo

N°	Mejora	Detalle
1	Desinfección	Implementar la etapa de desinfección cuanto antes, mientras se planifican futuras mejoras en los sistemas.
2	Aforos	Medir el caudal de agua de la naciente captada (litros por segundo), al menos una vez por semana durante todo el periodo de verano.
3	Caudal real disponible	Con base en los datos de los aforos, determinar el caudal real disponible y sus variaciones durante la época de estiaje (verano).
4	Inscripción de la fuente	Solicitar una concesión de agua superficial ante la Dirección de Aguas, para la fuente de San Pedrillo.
5	Obra en punto de captación	Diseñar y construir una obra civil que proteja la obra de captación existente contra deslizamientos del terreno. Adicionalmente, este diseño debe considerar obras complementarias, tales como: malla de protección, canales para conducción de agua de escorrentía, tapas con cierre seguro, rejillas para protección de respiraderos y habilitación de un punto para toma de muestras.
6	Línea de conducción entre captación y almacenamiento	Revisar y rediseñar la línea de conducción entre la captación y el sitio de almacenamiento, de tal forma que se eliminen las fugas existentes y se garantice no solo condiciones adecuadas para conducir el caudal actual, sino también para soportar la presión de trabajo y eventuales fenómenos como el golpe de ariete. Según normativa vigente, se debe considerar velocidades entre 0.6 y 5.0 m/s, además de presiones de servicio adecuadas para el tipo de tubería seleccionado (AyA, 2017). De ser posible, se deben considerar puntos progresivos de purga, para evacuar sedimentos en caso



N°	Mejora	Detalle
7	Almacenamiento	<p>de eventos naturales no previstos; esto por cuanto el personal de la estación indicó alta recurrencia de esta situación.</p> <p>Revisar y generar las mejoras necesarias para verificar que el almacenamiento tenga capacidad para satisfacer lo siguiente: compensación de fluctuaciones horarias de la demanda (sea con curvas de consumo o supuestos adicionales), combatir incendios (según normativa bomberos) y reserva por interrupciones (4 horas del caudal promedio diario). Verificar la posibilidad de construir cerramiento perimetral, el aseguramiento de las tapas de registro de las tapas de los tanques y uso de respiraderos debidamente protegidos.</p> <p>Se requiere la información de aforos para poder valorar la capacidad de almacenamiento.</p> <p>Instalar un medidor de caudal a la salida de la batería de tanques de almacenamiento para valorar el consumo real de la estación.</p> <p>Diseñar e implementar un sistema de desinfección al ingreso del almacenamiento, para garantizar un tiempo de contacto óptimo (al menos 25 minutos).</p>
8	Línea de conducción entre almacenamiento y distribución	<p>Revisar y rediseñar la línea de conducción entre la captación y el sitio de almacenamiento, de tal forma que se eliminen las fugas existentes, se permita evacuar aire y se garantice no solo condiciones adecuadas para conducir el caudal actual, sino también para soportar la presión de trabajo y eventuales fenómenos como el golpe de ariete. Según normativa vigente, se debe considerar velocidades entre 0.6 y 5.0 m/s, además de presiones de servicio adecuadas para el tipo de tubería seleccionado (AyA, 2017). De ser posible, se deben considerar puntos progresivos de purga, para evacuar sedimentos en caso de eventos naturales no previstos.</p>
9	Demanda de agua y gestión de agua no contabilizada	<p>Sectorizar la estación para determinar el consumo de agua real por cada una de las actividades principales que se desarrollan en el sitio. Para ello, se requiere: un levantamiento de tubería (material, longitudes, diámetros y cédula), la decisión de la cantidad de sectores por monitorear y la instalación de un medidor de caudal y un manómetro en la entrada de cada uno de ellos.</p> <p>Esto permite cotejar y optimizar el consumo de agua de cada actividad en la estación. Adicionalmente, facilita el control de presiones y la verificación de que la cantidad de agua despachada en el almacenamiento sea igual a la</p>



N°	Mejora	Detalle
		<p>consumida en distribución.</p> <p>Reemplazar, en la medida de lo posible, la grifería, los servicios sanitarios y mingitorios para que sean artefactos de bajo consumo de agua. Esto permite reducir de forma directa el consumo de agua en procura de una mayor capacidad de visitación.</p>
10	Filtros y desinfección ultravioleta	Rehabilitar el funcionamiento continuo de los filtros y el sistema ultravioleta (ausente actualmente). Para ello, se recomienda reemplazar el filtro de carbón por un filtro adicional de partículas. Es decir, que en lugar del filtro de carbón se instale uno de partículas, considerando que primero se debe instalar el de mayor tamaño de poro y luego el de menor tamaño de poro.
11	Tubería de distribución	A partir de los datos generados en el proceso de reducción de la demanda de agua, valorar si es necesario rediseñar algún tramo de tubería de distribución. De ser posible, se deben considerar la instalación de puntos de purga, para evacuación de agua en caso de alguna necesidad operativa o de salud pública.
12	Documentación de la operación y mantenimiento del acueducto	<p>Nombrar y capacitar un fontanero, encargado oficial de las tareas de operación y mantenimiento del acueducto. Para la capacitación se debe contemplar formación en:</p> <ul style="list-style-type: none">- fontanería básica;- medición de caudales;- medición de parámetros básicos de calidad de agua; <p>Consultar con el Ministerio de Salud la frecuencia mínima y número de muestras a recolectar en fuentes de abastecimiento y red de distribución para el control operativo, nivel 1, nivel 2 y nivel 3. Esto por cuanto el Reglamento para la Calidad del Agua Potable está estipulado por cantidad de habitantes, mientras que la estación Sirena recibe población flotante (no mayor a 2000 personas por día).</p> <p>Crear una bitácora física en sitio que incluya como mínimo los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none">- datos de turbiedad, olor y cloro residual en fuente y redes de distribución;- datos del programa de control de calidad del agua (artículo 13 del Reglamento para la Calidad del Agua Potable);
13	Plan de mantenimiento	Elaborar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo



N°	Mejora	Detalle
		de todos los componentes de los sistemas de agua. Esto debe estar acompañado de la capacitación respectiva al personal de mantenimiento y la dotación de todas las herramientas necesarias, acordes con la especificación incluida en el plan.
14	Trámites y reportes ante instituciones públicas	Nombrar y capacitar un encargado de gestión de trámites y confección de reportes recurrentes ante instituciones públicas. Esto debe contemplar como mínimo: <ul style="list-style-type: none">- trámite del permiso sanitario de funcionamiento ante el Ministerio de Salud;- confección, entrega y seguimiento a reportes semestrales de calidad del agua potable ante la Dirección del Área Rectora de Salud que corresponda (artículo 11 del Reglamento para la Calidad del Agua Potable);- pago del canon de aprovechamiento de agua.

Referencia: elaboración propia

V.3.2 Agua residual

En el caso del agua residual, como primer paso se analizan condiciones generales de los sistemas. Posteriormente, se analizan algunas particularidades de ciertas instalaciones de tratamiento y disposición final de efluentes. La oportunidad de mejora más relevante se plantea en términos de la administración rutinaria y el mantenimiento de las instalaciones (tal y como lo establece la normativa nacional), la mejora en la gestión de las aguas residuales provenientes de la casa de guardaparques, así como la toma de decisión respecto a la planta Bionest®. A modo de síntesis, se recomienda analizar y eventualmente ejecutar los siguientes aspectos mínimos.

Cuadro 9 Mejoras propuestas para los sistemas de agua residual de la estación San Pedrillo

N°	Mejora	Detalle
1	Aforos	Crear las condiciones necesarias para inspeccionar, medir el caudal y tomar muestras de aguas residuales en el ingreso de cada uno de los puntos de tratamiento existentes en la estación: <ul style="list-style-type: none">- tanque séptico y drenaje de casa de guardaparques;- PTAR principal (incluir esta mejora para la salida);- lavado de pies en punto de recepción.
2	Levantamiento de redes	Hacer un levantamiento de tubería (material, longitudes, diámetros y cédula) que permita validar el destino de todas las aguas residuales. Para ello se recomienda efectuar un procedimiento con sal como trazador que permita observar picos de conductividad en el agua. De forma alternativa, también se puede emplear fluoresceína para esta misma finalidad.



N°	Mejora	Detalle
2	Pruebas de infiltración	Efectuar pruebas de infiltración en los distintos sitios donde se tienen drenajes, para validar el potencial de disposición de agua residual tratada en el suelo versus la cantidad esperada de vertido.
3	Rehabilitación de tanques sépticos y drenajes	A partir de las pruebas de infiltración, elaborar una propuesta para el tanque séptico, trampa de grasas y drenaje para las aguas residuales de la casa de guardaparques, acorde con las recomendaciones técnicas vigentes para esta finalidad (Rosales Escalante, 2003).
4	PTAR principal	<p>Decidir si es posible establecer el suministro eléctrico necesario para mantener en funcionamiento permanente todos los sopladores de la PTAR principal.</p> <p>En caso de que sí sea posible, se debe restaurar la instalación, los equipos soplantes y los difusores internos de aire. Además de realizar una revisión general del funcionamiento de todos los accesorios de la PTAR. Además, se debe procurar una nueva puesta en marcha del sistema de tratamiento de aguas residuales; esto podría implicar la extracción de lodo séptico acumulado en todas las cámaras de tratamiento, junto con un plan para su estabilización y disposición final.</p> <p>En caso de que no sea posible, se debe considerar una de las siguientes alternativas:</p> <ul style="list-style-type: none">• reemplazar el sistema Bionest ® por una opción prefabricada similar a la conocida como Biorock ®, la cual funciona de manera muy similar a Bionest ®, con la diferencia de que el tratamiento aerobio no requiere de sopladores, sino que se realiza por ventilación natural (sin consumo energético); se pasa de un esquema de lodos activados a un filtro percolador;• reemplazar la etapa aerobia del sistema Bionest ® por una opción construida en sitio, tal como podría ser un humedal artificial de flujo subsuperficial; en este caso se aprovecha la etapa de sedimentación de Bionest ® y se construyen al menos dos celdas del humedal artificial para depurar el efluente previo a su vertido a cuerpo receptor.
5	Permiso de ubicación	Consultar con el Ministerio de Salud acerca de la necesidad de tramitar un permiso de ubicación para la PTAR principal de la estación.
6	Elaboración y aprobación de	Consultar con el Ministerio de Salud acerca de la



N°	Mejora	Detalle
	planos	necesidad de tramitar un visado de planos para la PTAR principal de la estación. O al menos realizar un levantamiento completo de los sistemas para operar mejor, planificar más acertadamente el mantenimiento y facilitar la toma de decisiones vinculadas con mejoras progresivas.
7	Documentación de la operación y mantenimiento de los sistemas de aguas residuales	<p>Nombrar y capacitar un operador, encargado oficial de las tareas de operación y mantenimiento de los sistemas de agua residual. Para la capacitación se debe contemplar formación en:</p> <ul style="list-style-type: none">- fontanería básica;- medición de caudales;- medición de parámetros básicos de calidad de agua residual (pH, temperatura, sólidos sedimentables);- se debe incluir oxígeno disuelto, en el caso de que se decida mantener el sistema Bionest®. <p>Aunque la normativa establece como mínimo la necesidad de realizar mediciones mensuales, conviene realizar las mismas al menos una vez por semana.</p> <p>Crear una bitácora física en sitio que incluya como mínimo los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none">- datos de caudal, pH, temperatura y sólidos sedimentables en la entrada y la salida de la PTAR;- datos de caudal, pH, temperatura y sólidos sedimentables en la entrada y la salida de otros sitios de tratamiento de agua residual. <p>Solicitar al proveedor del sistema Bionest® (o el que se decida instalar) el Manual de Operación y Mantenimiento, para que sea custodiado y utilizado en sitio. Además, se debe dotar de todas las herramientas necesarias para el adecuado mantenimiento del sistema de aguas residuales y para la eventual gestión de lodos que se defina.</p>
9	Plan de mantenimiento	Elaborar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de todos los componentes de los sistemas de agua. Esto debe estar acompañado de la capacitación respectiva al personal de mantenimiento y la dotación de todas las herramientas necesarias, acordes con la especificación incluida en el plan.
10	Otras mejoras a la luz del Reglamento para aprobación de sistemas de	Diseñar y construir un sistema que permita iluminar el predio de trabajo, al menos para la PTAR principal.



N°	Mejora	Detalle
	tratamiento de aguas residuales (39887-S-MINAE)	<p>Rotular todas las etapas de las instalaciones de gestión de aguas residuales, incluyendo cada etapa de los procesos de tanque séptico y drenaje, trampas de grasa, y los componentes de la PTAR principal.</p> <p>Contar con suministro eléctrico en caso de emergencia, para el funcionamiento temporal de los equipos electromecánicos de la PTAR Bionest®, si se decide mantenerla.</p> <p>Construir malla o tapia perimetral de 2 m de altura alrededor de la PTAR principal.</p> <p>Contar con una alternativa para la disposición periódica de los biosólidos generados en cada sistema de tratamiento, ya sea en relleno sanitario o bien, por medio de actividades agropecuarias o acondicionamiento de suelos.</p>
11	Trámites y reportes ante instituciones públicas	<p>Nombrar y capacitar un encargado de gestión de trámites y confección de reportes recurrentes ante instituciones públicas. Esto debe contemplar como mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none">- trámite del permiso sanitario de funcionamiento ante el Ministerio de Salud;- confección, entrega y seguimiento a reportes operacionales semestrales ante la Dirección del Área Rectora de Salud que corresponda (artículo 11 del Reglamento de vertido y reuso de aguas residuales).
12	Batería de baños para visitantes	<p>Se requiere diseñar y construir mejoras para la estabilidad de los baños para visitantes. Se notan puntos en la sección inferior de las obras que denotan un potencial de afectación a la obra civil.</p>

Referencia: elaboración propia

VI. Conclusiones

Para el caso de la situación en la estación Sirena, se puede concluir lo siguiente:

- Si bien se han tenido avances en la gestión de los sistemas de agua potable y agua residual, se requieren mejoras desde la perspectiva técnica y de cumplimiento legal.
- En el sector Sirena, el agua en la red de distribución cumple con lo establecido en el reglamento 38924-S, tanto fisicoquímica como microbiológicamente. Es importante destacar que el cumplimiento con el reglamento se evalúa en la red de distribución, pues las fuentes crudas pueden presentar características que aún serán sometidas a un cambio por diferentes procesos, por ejemplo, la cloración.



- Todos los análisis de calidad se basaron en muestras puntuales y los resultados se relacionan con la muestra que fue recolectada.
- No existe una estructura consolidada de operación y mantenimiento de la infraestructura que ofrezca soporte permanente y documentado a los sistemas de agua potable y agua residual.
- A pesar de las excelentes competencias y la muy destacable actitud del personal de mantenimiento que se encuentra en la estación, es necesario efectuar un refuerzo que le otorgue la formación mínima necesaria para dar sostenibilidad a los sistemas de agua potable y agua residual.
- Se requieren mejoras urgentes en la captación de agua para garantizar la sostenibilidad a futuro.
- Para la valoración de la calidad de agua residual se realizó un muestreo simple en el vertido al río, ya que la PTAR al momento del muestreo no tenía ni afluente ni efluente, por lo que se decidió muestrear un vertido presente en el sitio de desfogue de la PTAR de forma simple debido a que el tiempo estancia en la estación estaba limitado para poder realizar el muestreo compuesto de 2 horas. Para esta muestra puntal del vertido de aguas residuales a la quebrada Camaronal, no cumple con lo establecido en el Decreto N° 33601, en los parámetros: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST). Es importante destacar que se trata de una muestra puntual, no compuesta según establece el reglamento, y los resultados se relacionan con la muestra que fue recolectada al momento.
- Previo a considerar la ampliación de la visitación a la estación, se deben implementar las medidas de reducción de la demanda y del agua no contabilizada, así como todos los elementos de cumplimiento técnico y legal. Todo lo anterior para garantizar la sostenibilidad de los servicios ofrecidos a los visitantes en el corto, mediano y largo plazo.

Para el caso de la situación en la estación San Pedrillo, se puede concluir lo siguiente:

- Hay una desigualdad respecto a la estación Sirena, en cuanto a la forma como se opera y se mantiene la infraestructura en San Pedrillo.
- No existe una estructura consolidada de operación y mantenimiento de la infraestructura que ofrezca soporte permanente y documentado a los sistemas de agua potable y agua residual.
- No existe personal operativo dedicado al mantenimiento y supervisión de la operación de los sistemas de agua, con la formación mínima necesaria para dar sostenibilidad a los sistemas de agua potable y agua residual. Lo que se presenta, aparentemente, es un recargo de funciones del personal guardaparques.
- Se requieren mejoras urgentes en la desinfección de agua para garantizar la sostenibilidad a presente de la visitación a la estación.



- Previo a considerar la ampliación de la visitación a la estación, se deben implementar las medidas de reducción de la demanda y del agua no contabilizada, así como todos los elementos de cumplimiento técnico y legal anteriormente documentados. Todo esto para garantizar la sostenibilidad de los servicios ofrecidos a los visitantes en el corto, mediano y largo plazo.
- En términos fisicoquímicos el agua cumple con lo establecido por el reglamento 38924-S, no obstante, el Cloro libre presenta un residual de 0 mg/L en la red de distribución (reglamento exige entre 0.3 mg/L y 1.0 mg/L). Adicionalmente, los parámetros microbiológicos no cumplen con el reglamento 38924-S, pues estos deben estar ausentes (<1 NMP/100 mL) pero se tienen en la red de distribución.
- Todos los análisis de calidad se basaron en muestras puntuales y los resultados se relacionan con la muestra que fue recolectada.

VII. Recomendaciones generales

Se recomienda al personal del SINAC valorar y priorizar las mejoras propuestas en el presente informe, según la urgencia y la disponibilidad de recursos. Asimismo, en caso de ser conveniente, se recomienda explorar algún mecanismo de colaboración oficial para que AyA pueda dar seguimiento a las mejoras realizadas en las estaciones visitadas. En todo caso, cada mejora debe ser elaborada por un profesional en el campo hidráulico o sanitario, según corresponda. Si se decide ampliar el apoyo del AyA para el seguimiento e implementación de las mejoras, se considera pertinente que las áreas de diseño y construcción se involucren en adelante directamente para asegurar un mejor servicio institucional.

VIII. Responsables

Las siguientes personas, como elaboradoras del presente documento, autorizan al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio digital y Catálogo en línea (OPAC) del presente documento de interés bibliográfico.

Nombre y apellidos de cada autor (a)	Correo electrónico	Firma
Isabel Araya Paniagua	iaraya@aya.go.cr	
Guillermo Zúñiga Esquivel (visto bueno para Mario Andrés Valverde Chávez)	gzuniga@aya.go.cr	
Andrés Lazo Páez	alazo@aya.go.cr	



Nombre y apellidos de cada autor (a)	Correo electrónico	Firma
Ilena Vega Guzmán (visto bueno para Carlos Chacón Salas y Marco Vinicio Bonilla Mata)	ivega@aya.go.cr	

IX. Anexos

IX.1 Estimación preliminar de consumo de agua en la estación Sirena a partir de los usos respectivos

Uso de agua	Ubicación	Cantidad	Consumo nominal (m ³)	Unidades	Usos diarios por unidad	Duración del uso (min)	Consumo (m ³ /d)	Destino agua residual
Servicio sanitario	Casa guardaparques	2	0.010	m ³ /descarga	16	-	0.16	TS y drenaje casa guardaparques
Lavamanos	Casa guardaparques	2	0.004	m ³ /min	24	0.5	0.05	TS y drenaje casa guardaparques
Lavamanos	Baños generales	6	0.004	m ³ /min	450	0.5	0.90	TS y drenaje batería de baños
Pila	Baños generales	1	0.007	m ³ /min	10	5	0.35	TS y drenaje batería de baños
Lavadora	Baños generales	1	0.175	m ³ /lavada	5	-	0.88	TS y drenaje batería de baños
Ducha	Baños generales	9	0.015	m ³ /min	104	7	10.92	TS y drenaje batería de baños
Orinal	Baños generales	3	0.002	m ³ /descarga	242	-	0.48	PTAR principal
Servicio sanitario	Baños generales	9	0.010	m ³ /descarga	225	-	2.25	PTAR principal
Pila	Almacén	1	0.007	m ³ /min	5	5	0.18	TS y drenaje batería de baños
Servicio sanitario	Espacio Staff	2	0.010	m ³ /descarga	10	-	0.10	PTAR principal
Lavamanos	Espacio Staff	2	0.004	m ³ /min	10	0.5	0.02	TS y drenaje casa guardaparques
Pila	Lavandería	1	0.007	m ³ /min	5	3	0.11	TS y drenaje batería de baños
Lavadoras	Lavandería	4	0.100	m ³ /lavada	4	-	0.40	TS y drenaje batería de baños
Servicio sanitario	Espacio Staff mujer	1	0.010	m ³ /descarga	10	-	0.10	PTAR principal
Lavamanos	Comedor	6	0.004	m ³ /min	121	0.5	0.24	TS y drenaje cocina
Lavamanos	Cocina	2	0.004	m ³ /min	24	0.5	0.05	TS y drenaje cocina
Servicio sanitario	Cocina	1	0.010	m ³ /descarga	10	-	0.1	TS y drenaje cocina
Pila doble	Cocina	1	0.007	m ³ /min	196.5	3	4.13	TS y drenaje cocina
Pila	Taller	1	0.007	m ³ /min	10	3	0.21	TS y drenaje casa guardaparques
Lavadora	Lavandería Staff	2	0.175	m ³ /lavada	3	-	0.53	TS y drenaje casa guardaparques
Pila	Lavandería Staff	1	0.007	m ³ /min	5	3	0.11	TS y drenaje casa guardaparques
Mangueras para pies	Recepción	2	0.02	m ³ /min	41.4	5	4.14	Sin destino
Lavamanos	Recepción	3	0.004	m ³ /min	69	0.5	0.14	TS y drenaje playa
Servicio sanitario	Recepción	4	0.010	m ³ /descarga	46	-	0.46	TS y drenaje playa



INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

COSTA RICA





IX.2 Ficha descriptiva de la estación Sirena

1. Información general del sitio		
Ítem	Descripción / dato a obtener	Observaciones
Nombre del proyecto	Estación Sirena, Parque Nacional Corcovado	
Coordenadas GPS	8.480195944462839, -83.58937901791215	
Altitud (m.s.n.m.)	21m Aproximadamente	
Tipo de entorno inmediato <i>(bosque, playa, pastizal, manglar, estación operativa, etc.)</i>	Bosque tropical lluvioso y playa	
Accesibilidad <i>(vehículos, sendero, embarcación, etc.)</i>	Lancha, helicóptero, terrestre por playa	Para traslado de materiales, la mejor opción es por lancha
Disponibilidad eléctrica <i>Voltaje, fuente (red, solar, generador)</i>	Generador eléctrico y paneles solares	No se cuenta con el dato total de la generación de corriente eléctrica
Restricciones ambientales / zona protegida	Sí (Parque Nacional Corcovado)	
Materiales y mano de obra disponibles <i>(bloques, tanques plásticos, grava, arena local, etc.)</i>	No hay en sitio	
2. Caracterización de usuarios y generación de aguas residuales		
Ítem	Dato / unidad	Observaciones
Población permanente	135 personas	104 visitantes + 10 guardaparques + 10 Staff
Población flotante <i>(Promedio diario de visitantes)</i>	370 visitantes diarios	
Temporada alta / baja <i>(Fechas, duración, % de incremento)</i>	Temporada alta en verano	
Horarios de uso <i>Picos de consumo (mañana, tarde, noche)</i>	de 7:00 am a 8:00 am, de 11:00 am a 1:00 pm, 6:00 pm a 7:00 pm	Hora de alimentación
Dotación estimada (L/persona día)		
Volumen diario estimado		
Fración de aguas grises		
Fración de aguas negras		
Presencia de lavandería o cocina	3 lavadoras + 1 lavadora para visitantes	Corroborar con datos de Andres
Dispositivos de ahorro de agua	Sí	
3. Caracterización del agua residual		
Parámetro	Unidad	Observaciones
DBO		
DQO		
SST		
Nitrógeno		
Fosforo		
pH		
Temperatura		
Coliformes fecales		
Grasas y aceites		



4. Condiciones del terreno y del subsuelo		
Ítem	Dato	Observaciones
Tipo de suelo <i>(arcilloso, arenoso, franco)</i>	Arenoso	
Nivel freático	2.00 m Aproximadamente	Cuentan con un pozo de 5.00m de profundidad
Pendiente del terreno	Plano	
Drenaje natural <i>¿Hay escorrentía superficial? ¿dirección de flujo?</i>	Si hay escorrentía superficial hacia quebrada	
Existencia de quebradas / ríos / esteros cercanos <i>Distancia mínima (m)</i>	Quebrada Camaronal	Cuerpo de agua de Desfogue actual
Zona inundable <i>Si / No / frecuencia</i>	No	
Espacio disponible para sistema <i>(m²; incluir área libre y topografía)</i>	500m2 aproximadamente	
Vegetación existente <i>(Tipo, densidad, especies predominantes)</i>	Bosque secundario	Zona de estación con áreas verdes y alrededores en bosque secundario
Riesgos ambientales <i>(erosión, acceso de fauna, raíces invasoras, mareas)</i>	Acceso de fauna y raíces	
5. Infraestructura sanitaria existente		
Ítem	Dato / condición	Observaciones
Tipo de sistema actual <i>(fosa, pozo séptico, drenaje directo, trampa de grasa, etc.)</i>	PTAR de Lodos Activados, tanques sépticos para aguas grises, trampas de grasa y drenajes.	La estación cuenta con una PTAR que esta fuera de funcionamiento, trabaja con tanque séptico. La PTAR fue instalada por la empresa Bionest. También cuenta con tanque de aguas grises el cual vierte a drenaje y una trampa de grasa que vierte a drenaje.
Estado físico <i>(óptimo / deteriorado / colmatado)</i>	Colmatado	En el caso del tanque de aguas grises, se observan lodos colmatados, en la PTAR lo se logro observar.
Materiales de construcción <i>(concreto, plástico, fibra, etc.)</i>	Concreto, fibra	
Accesibilidad para mantenimiento <i>(tanques existentes, tuberías, etc.)</i>	Sí	
Posibilidad de reaprovechar estructuras	Sí	El sistema de trampa de grasas funciona bien. En el caso de la PTAR hay que revisar las fichas y determinar si puede funcionar adecuadamente.
Descarga actual <i>(pozo, drenaje, quebrada, infiltración)</i>	Drenajes y a quebrada camaronal	
Capacidad de infraestructura y equipamiento de recolección acorde con la demanda del servicio	Se debe analizar	
Infraestructura y equipos expuestos a daños por terceros y/o eventos naturales	No	
6. Condiciones logísticas y de mantenimiento		
Ítem	Dato / descripción	Observaciones
Frecuencia de visitas técnicas posibles <i>(mensual, trimestral, etc.)</i>		
Personal disponible para operación básica	Ninguno	
Disponibilidad de equipo de bombeo / energía <i>(bombas, paneles solares, generador)</i>	Existen fuentes de energía solar y generación con combustible	
Posibilidad de disposición de lodos <i>(retirada, compostaje, fosa de secado)</i>	Se pueden retirar del sitio	Según se nos comento, la grasa de las trampas de grasa es retirada del sitio en lancha
Restricciones de transporte de materiales <i>(acceso limitado, porte a pie, lancha, helicóptero)</i>	El transporte de materiales debe ser en lancha, pero no se limita a solo este	



7. Condiciones ambientales y ecológicas		
Ítem	Dato / descripción	Observaciones
Fauna sensible o protegida cercana <i>(anfibios, aves, mamíferos)</i>	Sí	
Tipo de vegetación circundante <i>(bosque húmedo, manglar, pastizal)</i>	Bosque tropical lluvioso	
Riesgo de invasión de especies no nativas <i>(Alto / Medio / Bajo)</i>	Bajo	
Condiciones de sombra / luz solar <i>(horas de sol directo)</i>	10 horas aproximadamente	
Distancia mínima a fuentes de agua	200m Aproximadamente	
Proximidad a senderos o zonas de visita <i>(impacto visual / integración paisajística)</i>	Las obras puede causar impacto visual	Pese a no estar en las áreas de paso de los visitantes, los espacios que se podría utilizar están cerca de las zonas de visitantes y pueden causar un impacto visual
Otras Observaciones		
1. El suministro eléctrico para los aireadores puede ser un problema debido a la falta de energía sola y que durante la noche debido a la necesidad de apagar el generador por el ruido que genera.		
2. Se realizan de 3 a 4 tandas de lavado diario, con un solo llenado del tanque de la lavadora.		
3. A la trampa de grasa se le realiza mantenimiento superficial diario y profundo cada 3 meses. La grasa es llevada en tarros hasta Puerto Jimenez.		
4. La ADI quiere aumentar la visita diaria a 700 personas.		



IX.3 Resultados de análisis de calidad de agua potable para la estación Sirena



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID: 2502817-01

INFORME DE RESULTADOS
AYA-FPT-011B

Tres Ríos, La Unión, Cartago, Costa Rica.
Teléfono: (506) 2278-4841.
Correo Electrónico: lna@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	AyA Presidencia Ejecutiva		Proc. Muestreo:	AyA-PT-019	
Contacto:	Isabel Araya Paniagua		Recolectado por:	Carlos Chacón Salas	
Sistema:	Parque Nacional Corcovado		Fecha de muestreo:	25/11/2025	
			Fecha de recepción:	26/11/2025	
Muestreo:	Sector Sirena - Naciente		Fecha inicio ejecución:	25/11/2025	
Dirección:	Tubo después de captación antes del tanque		Fecha final ejecución:	17/12/2025	
			Fecha de emisión:	18/12/2025	
Provincia:	Puntarenas	Cantón:	Osa	Tipo de muestra:	Aguas
e-mail:	iaraya@aya.go.cr	Teléfono:	22242-5000	Hora de recolección:	10:55

RESULTADOS DE ANÁLISIS

PARÁMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VMA	UNIDADES	MÉTODO	
Alcalinidad	*	227	1	2	3		mg/L	2320 M	
Amonio	*	0,31	0,02	0,06	0,09	0,5	mg/L	4500NH3 M	
Cloruro	*	2,2	0,8	0,8	1,3	250	mg/L	4110-B M	
Fluoruro	*	D.	0,03	0,04	0,10	1,5	mg/L	4110-B M	
Nitrato	*	N.D.	0,5	0,8	1,4	50	mg/L	4110-B M	
Nitrito	*	N.D.	0,03	0,04	0,10	0,1	mg/L	4110-B M	
Sulfato	*	5,6	0,8	0,8	1,6	250	mg/L	4110-B M	
Conductividad	†	*	413	3	4	5	µS/cm	2510 M	
Olor	†	**	Aceptable				Aceptable		
pH	†	*	7,33	0,10	4,01	4,01	6,0-8,0	4500-H+ M	
Temperatura	†	*	26,0	0,6	10,0	10,0	18-30	2550 B	
Turbiedad	†	*	N.D.	0,07	0,12	0,15	5	UNT	2130-B M
Potasio	*	2,4	0,8	1,1	1,4	10	mg/L	3500KB M	
Sodio	*	7,0	1,9	2,0	2,5	200	mg/L	3500NaB M	
Color aparente	*	N.D.	1	2	4	15	U-Pt/Co	2120-C M	
Calcio	*	65,8	0,7	1,5	2,0	100	mg/L	3500CaD M	
Dureza de calcio	*	164	1	2	3		mg/L	3500Ca M	
Dureza total	*	222	1	2	3	400	mg/L	2340-D M	
Magnesio	*	14,0	0,6	0,5	1,0	50	mg/L	3500 B M	
Coliformes fecales	*	4,1	N.A.	<1	1	Negativo	NMP/100 mL	9223 B	
<i>Escherichia coli</i>	*	<1	N.A.	<1	1	Negativo	NMP/100 mL	9223 B	
Aluminio	*	N.D.	11	21	24	200	µg/L	3125-B M	
Antimonio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	5	µg/L	3125-B M	
Arsénico	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	10	µg/L	3125-B M	
Cadmio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	3	µg/L	3125-B M	
Cobre	*	N.D.	11	21	24	2000	µg/L	3125-B M	
Cromo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	50	µg/L	3125-B M	
Hierro	*	N.D.	11	21	24	300	µg/L	3125-B M	
Manganeso	*	N.D.	11	21	24	500	µg/L	3125-B M	

Página 1 de 6

Rige: 28/07/2023
AYA

Aprobado por:
Dr. Darner Mora Alvarado



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID: 2502817-01

INFORME DE RESULTADOS
AYA-FPT-011B

Tres Ríos, La Unión, Cartago, Costa Rica.
Teléfono: (506) 2278-4841.
Correo Electrónico: lna@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	AyA Presidencia Ejecutiva		Proc. Muestreo:	AyA-PT-019	
Contacto:	Isabel Araya Paniagua		Recolectado por:	Carlos Chacón Salas	
Sistema:	Parque Nacional Corcovado		Fecha de muestreo:	25/11/2025	
			Fecha de recepción:	26/11/2025	
Muestreo:	Sector Sirena - Naciente		Fecha inicio ejecución:	25/11/2025	
Dirección:	Tubo después de captación antes del tanque		Fecha final ejecución:	17/12/2025	
			Fecha de emisión:	18/12/2025	
Provincia:	Puntarenas	Cantón:	Osa	Tipo de muestra:	Aguas
e-mail:	iaraya@aya.go.cr	Teléfono:	22242-5000	Hora de recolección:	10:55

RESULTADOS DE ANÁLISIS

PARÁMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VMA	UNIDADES	MÉTODO
Mercurio	*	N.D.	0,18	0,18	0,19	1	µg/L	3125-B M
Níquel	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	20	µg/L	3125-B M
Plomo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	10	µg/L	3125-B M
Selenio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	10	µg/L	3125-B M
Zinc	*	N.D.	11	21	24	3000	µg/L	3125-B M

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 detectado bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

VMA: Valor Máximo Admisible según normativa aplicable:

- Reglamento para la calidad del Agua potable Decreto Ejecutivo Nº 38924-S, cuadros 1, 2, 3, 4 o 5.
- Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales Decreto Ejecutivo Nº 33601, tablas 2, 3, 4, 5 o 6.
- Reglamento para el manejo y disposición final de lodos y biosólidos Decreto Ejecutivo Nº39316-S, tablas 2 o 3.
- Reglamento Sobre Manejo de Piscinas Decreto Ejecutivo 35309-S, cuadros 1, 2 o 3.
- Reglamento para la calidad del agua para consumo humano en establecimientos de salud Decreto Ejecutivo 37083-S, cuadros 1, 2 o 3.

MÉTODO: Corresponde al código del "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, un método oficial o modificaciones a partir de estos".

M: Modificado

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

** Ensayo no acreditado.

† Ensayo efectuado en sitio de muestreo.

Observaciones de Campo:

Observaciones:

En este análisis puntual los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo.

Página 2 de 6	Rige: 28/07/2023 AYA	Aprobado por: Dr. Darner Mora Alvarado
---------------	-------------------------	---



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID: 2502817-01

INFORME DE RESULTADOS
AYA-FPT-011B

Tres Ríos, La Unión, Cartago, Costa Rica.
Teléfono: (506) 2278-4841.
Correo Electrónico: lna@aya.go.cr



David Cambroner Bolaños
Jefe del Laboratorio Química



Johanna Méndez Araya
Jefe del Laboratorio Microbiología



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID: 2502817-02

INFORME DE RESULTADOS
AYA-FPT-011B

Tres Ríos, La Unión, Cartago, Costa Rica.
Teléfono: (506) 2278-4841.
Correo Electrónico: lna@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	AyA Presidencia Ejecutiva		Proc. Muestreo:	AyA-PT-019	
Contacto:	Isabel Araya Paniagua		Recolectado por:	Carlos Chacón Salas	
Sistema:	Parque Nacional Corcovado		Fecha de muestreo:	25/11/2025	
			Fecha de recepción:	26/11/2025	
Muestreo:	Sector Sirena - Red de distribución		Fecha inicio ejecución:	25/11/2025	
Dirección:	pila de lavado en area de cocina		Fecha final ejecución:	17/12/2025	
			Fecha de emisión:	18/12/2025	
Provincia:	Puntarenas	Cantón:	Osa	Tipo de muestra:	Aguas
e-mail:	iaraya@aya.go.cr	Teléfono:	22242-5000	Hora de recolección:	11:30

RESULTADOS DE ANÁLISIS

PARÁMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VMA	UNIDADES	MÉTODO
Alcalinidad	*	225	1	2	3		mg/L	2320 M
Amonio	*	0,26	0,02	0,06	0,09	0,5	mg/L	4500NH3 M
Cloruro	*	2,3	0,8	0,8	1,3	250	mg/L	4110-B M
Fluoruro	*	D.	0,03	0,04	0,10	1,5	mg/L	4110-B M
Nitrato	*	N.D.	0,5	0,8	1,4	50	mg/L	4110-B M
Nitrito	*	N.D.	0,03	0,04	0,10	0,1	mg/L	4110-B M
Sulfato	*	5,5	0,8	0,8	1,6	250	mg/L	4110-B M
Conductividad	†	*	427	3	4	5	µS/cm	2510 M
Olor	†	**	Aceptable				Aceptable	
pH	†	*	7,81	0,10	4,01	4,01	6,0-8,0	4500-H+ M
Temperatura	†	*	27,0	0,6	10,0	10,0	18-30 ° C	2550 B
Turbiedad	†	*	0,27	0,07	0,12	0,15	5 UNT	2130-B M
Potasio	*	2,5	0,8	1,1	1,4	10	mg/L	3500KB M
Sodio	*	6,7	1,9	2,0	2,5	200	mg/L	3500NaB M
Cloro residual libre	†	*	0,63	0,02	0,02	0,05	(0,3-1,0)	4500Cl M
Color aparente	*	N.D.	1	2	4	15	U-Pt/Co	2120-C M
Calcio	*	64,4	0,7	1,5	2,0	100	mg/L	3500CaD M
Dureza de calcio	*	160	1	2	3		mg/L	3500Ca M
Dureza total	*	222	1	2	3	400	mg/L	2340-D M
Magnesio	*	14,8	0,6	0,5	1,0	50	mg/L	3500 B M
Coliformes fecales	*	<1	N.A.	<1	1	Negativo	NMP/100 mL	9223 B
<i>Escherichia coli</i>	*	<1	N.A.	<1	1	Negativo	NMP/100 mL	9223 B
Aluminio	*	N.D.	11	21	24	200	µg/L	3125-B M
Antimonio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	5	µg/L	3125-B M
Arsénico	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	10	µg/L	3125-B M
Cadmio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	3	µg/L	3125-B M
Cobre	*	N.D.	11	21	24	2000	µg/L	3125-B M
Cromo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	50	µg/L	3125-B M
Hierro	*	N.D.	11	21	24	300	µg/L	3125-B M

Página 4 de 6

Rige: 28/07/2023
AYA

Aprobado por:
Dr. Darner Mora Alvarado



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID: 2502817-02

INFORME DE RESULTADOS
AYA-FPT-011B

Tres Ríos, La Unión, Cartago, Costa Rica.
Teléfono: (506) 2278-4841.
Correo Electrónico: lna@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	AyA Presidencia Ejecutiva		Proc. Muestreo:	AyA-PT-019	
Contacto:	Isabel Araya Paniagua		Recolectado por:	Carlos Chacón Salas	
Sistema:	Parque Nacional Corcovado		Fecha de muestreo:	25/11/2025	
			Fecha de recepción:	26/11/2025	
Muestreo:	Sector Sirena - Red de distribución		Fecha inicio ejecución:	25/11/2025	
Dirección:	pila de lavado en area de cocina		Fecha final ejecución:	17/12/2025	
			Fecha de emisión:	18/12/2025	
Provincia:	Puntarenas	Cantón:	Osa	Tipo de muestra:	Aguas
e-mail:	iaraya@aya.go.cr	Teléfono:	22242-5000	Hora de recolección:	11:30

RESULTADOS DE ANÁLISIS

PARÁMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VMA	UNIDADES	MÉTODO
Manganeso	*	N.D.	11	21	24	500	µg/L	3125-B M
Mercurio	*	0,26	0,18	0,18	0,19	1	µg/L	3125-B M
Niquel	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	20	µg/L	3125-B M
Plomo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	10	µg/L	3125-B M
Selenio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	10	µg/L	3125-B M
Zinc	*	N.D.	11	21	24	3000	µg/L	3125-B M

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

LD: Limite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Limite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

N.D.: No detectado bajo el limite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

VMA: Valor Máximo Admisible según normativa aplicable:

- Reglamento para la calidad del Agua potable Decreto Ejecutivo Nº 38924-S, cuadros 1, 2, 3, 4 o 5.
- Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales Decreto Ejecutivo Nº 33601, tablas 2, 3, 4, 5 o 6.
- Reglamento para el manejo y disposición final de lodos y biosólidos Decreto Ejecutivo Nº39316-S, tablas 2 o 3.
- Reglamento Sobre Manejo de Piscinas Decreto Ejecutivo 35309-S, cuadros 1, 2 o 3.
- Reglamento para la calidad del agua para consumo humano en establecimientos de salud Decreto Ejecutivo 37083-S, cuadros 1, 2 o 3.

MÉTODO: Corresponde al código del "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, un método oficial o modificaciones a partir de estos".

M: Modificado

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

** Ensayo no acreditado.

† Ensayo efectuado en sitio de muestreo.

Observaciones de Campo:

Observaciones:

En este análisis puntual los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo.

Página 5 de 6	Rige: 28/07/2023 AYA	Aprobado por: Dr. Darner Mora Alvarado
---------------	-------------------------	---



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID: 2502817-02

INFORME DE RESULTADOS
AYA-FPT-011B

Tres Ríos, La Unión, Cartago, Costa Rica.
Teléfono: (506) 2278-4841.
Correo Electrónico: lna@aya.go.cr



David Cambroner Bolaños
Jefe del Laboratorio Química



Johanna Méndez Araya
Jefe del Laboratorio Microbiología



IX.4 Resultados de análisis de calidad de agua residual para la estación Sirena



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID: 2502819-02

INFORME DE RESULTADOS AYA-FPT-011B

Tres Ríos, La Unión, Cartago, Costa Rica.
Teléfono: (506) 2278-4841.
Correo Electrónico: Ina@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	AyA Presidencia Ejecutiva	Proc. Muestreo:	AyA-PT-020 y AyA-PT-019
Contacto:	Isabel Araya Paniagua	Recolectado por:	Marco Bonilla Mata
Sistema:	Parque Nacional Corcovado	Fecha de muestreo:	25/11/2025
		Fecha de recepción:	26/11/2025
Muestreo:	Salida PTAR Sirena	Fecha inicio ejecución:	25/11/2025
Dirección:	Salida PTAR	Fecha final ejecución:	12/12/2025
		Fecha de emisión:	15/12/2025
Provincia:		Cantón:	
e-mail:	iaraya@aya.go.cr	Teléfono:	22242-5000
		Tipo de muestra:	Aguas residuales
		Hora de recolección:	11:50

RESULTADOS DE ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VMA	UNIDADES	METODO
Caudal	**	N.A					L/s	
Conductividad †	*	1226	3	4	5		µS/cm	2510 B
DBO 5,20	*	104	6	10	20	50	mg/L	5210 B M
DQO	*	329	3	55	67	150	mg/L	5220 D M
GyA	*	4,70	0,50	2,70	3,20	30	mg/L	5520-B M
Coliformes fecales	*	540000000	N.A.	<1,8	1,8	N.A.	NMP/100 mL	9221 E
<i>Escherichia coli</i>	*	130000000	N.A.	<1,8	1,8	N.A.	NMP/100 mL	9221 F
Potencial de Hidrógeno pH †	*	7,95	0,10	4,01	4,01	5,0 a 9,0		4500-H+
SAAM	*	N.D.	0,23	0,70	1,00	5	mg/L	5540-C M
Ssed	*	N.D.	0,1	0,1	0,2	1	mL/L	2540-F M
SST	*	70,0	2,7	5,0	10,0	50	mg/L	2540-D M
Temperatura Agua †	*	27,1	0,6	10,0	10,0	15 a 40	° C	2550-B
Temperatura Ambiente †	**	30,1					° C	2550-B

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 detectado bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

VMA: Valor Máximo Admisible según normativa aplicable:

- Reglamento para la calidad del Agua potable Decreto Ejecutivo N° 38924-S, cuadros 1, 2, 3, 4 o 5.
- Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales Decreto Ejecutivo N° 33601, tablas 2, 3, 4, 5 o 6.
- Reglamento para el manejo y disposición final de lodos y biosólidos Decreto Ejecutivo N°39316-S, tablas 2 o 3.
- Reglamento Sobre Manejo de Piscinas Decreto Ejecutivo 35309-S, cuadros 1, 2 o 3.

Reglamento para la calidad del agua para consumo humano en establecimientos de salud Decreto Ejecutivo 37083-S, cuadros 1, 2 o 3.

METODO: Corresponde al código del "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, un método oficial o modificaciones a partir de estos".

M: Modificado

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

** Ensayo no acreditado.

† Ensayo efectuado en sitio de muestreo.

Observaciones de Campo:

Página 1 de 2	Rige: 28/07/2023 AYA	Aprobado por: Dr. Darner Mora Alvarado
---------------	-------------------------	---



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID: 2502819-02

INFORME DE RESULTADOS
AYA-FPT-011B

Tres Rios, La Unión, Cartago, Costa Rica.
Teléfono: (506) 2278-4841.
Correo Electrónico: ina@aya.go.cr



Observaciones:

En este análisis puntual los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo.

Muestreo simple en el vertido al río, ya que la PTAR al momento del muestreo no tenía ni afluente ni efluente se decidió muestrear un vertido presente en el sitio de desfogue de la PTAR

Ilena Vega Guzmán
Jefe del Laboratorio Química

Ernesto Alfaro Arrieta
Jefe del Laboratorio Microbiología

Johanna Méndez Araya
Regente Microbiológico



IX.5 Guía de inspección para calidad del agua potable (SERSA) aplicada en la estación Sirena

[Enlace SERSA Sirena.](#)



IX.6 Guía de informe técnico para la inspección del sistema de tratamiento de aguas residuales aplicada en la estación Sirena

[Enlace PTAR Sirena](#)



IX.7 Estimación preliminar de consumo de agua en la estación San Pedrillo a partir de los usos respectivos

Uso de agua	Ubicación	Cantidad	Consumo nominal (m ³)	Unidades	Usos diarios por unidad	Duración del uso (min)	Consumo (m ³ /d)	Destino agua residual
Servicio sanitario	Casa guardaparques	2	0.010	m ³ /descarga	6	-	0.06	TS y drenaje
Lavamanos	Casa guardaparques	2	0.004	m ³ /min	10	0.5	0.02	TS y drenaje
Pila cocina	Casa guardaparques	2	0.007	m ³ /min	8	3	0.17	TS y drenaje
Ducha	Baños generales	2	0.015	m ³ /min	4	7	0.42	TS y drenaje
Pila uso general	Casa guardaparques	3	0.007	m ³ /min	5	3	0.11	TS y drenaje
Lavamanos	Baños generales	3	0.004	m ³ /min	250	1	1.00	PTAR principal + drenaje
Orinal	Baños generales	2	0.002	m ³ /descarga	125	-	0.25	PTAR principal + drenaje
Servicio sanitario	Baños generales	9	0.010	m ³ /descarga	125	-	1.25	PTAR principal + drenaje
Ducha	Baños generales	4	0.015	m ³ /min	12.5	7	1.31	PTAR principal + drenaje
Pila	Almacén	1	0.007	m ³ /min	2	5	0.07	PTAR principal + drenaje
Pila	Lavandería	1	0.007	m ³ /min	2	3	0.04	PTAR principal + drenaje
Lavadoras	Lavandería	1	0.175	m ³ /lavada	0.5	-	0.09	PTAR principal + drenaje
Mangueras para pies	Recepción	3	0.02	m ³ /min	75	3	4.50	Sin destino



IX.8 Ficha descriptiva de la estación San Pedrillo

1. Información general del sitio		
Ítem	Descripción / dato a obtener	Observaciones
Nombre del proyecto	Estación San Pedrillo	
Coordenadas GPS	8.620897098482448, -83.7347115803619	
Altitud (m.s.n.m.)	10m Aproximadamente	
Tipo de entorno inmediato <i>(bosque, playa, pastizal, manglar, estación operativa, etc.)</i>	Bosque tropical lluvioso y playa	
Accesibilidad <i>(vehículos, sendero, embarcación, etc.)</i>	Solo lancha	
Disponibilidad eléctrica <i>Voltaje, fuente (red, solar, generador)</i>	No	La disponibilidad eléctrica es limitada,
Restricciones ambientales / zona protegida	Sí (Parque Nacional Corcovado)	
Materiales y mano de obra disponibles <i>(bloques, tanques plásticos, grava, arena local, etc.)</i>	No hay en sitio	
2. Caracterización de usuarios y generación de aguas residuales		
Ítem	Dato / unidad	Observaciones
Población permanente	2 personas	2 guardaparques ocasionalmente o 1 guardaparques y 1 voluntario
Población flotante <i>(Promedio diario de visitantes)</i>	250 visitantes diarios (temporada alta)	150 en promedio
Temporada alta / baja <i>(Fechas, duración, % de incremento)</i>	Verano	
Horarios de uso <i>Picos de consumo (mañana, tarde, noche)</i>	Tarde (usos de duchas y baños)	
Dotación estimada (L/persona-día)		
Volumen diario estimado		
Fracción de aguas grises		
Fracción de aguas negras		
Presencia de lavandería o cocina		
Dispositivos de ahorro de agua		
3. Caracterización del agua residual		
Parámetro	Unidad	Observaciones
DBO		
DQO		
SST		
Nitrógeno		
Fosforo		
pH		
Temperatura		
Coliformes fecales		
Grasas y aceites		



4. Condiciones del terreno y del subsuelo		
Ítem	Dato	Observaciones
Tipo de suelo <i>(arcilloso, arenoso, franco)</i>	Arenoso	
Nivel freático	7.00m Aproximadamente	
Pendiente del terreno	Plano	
Drenaje natural <i>¿Hay escorrentía superficial? ¿dirección de flujo?</i>	Sí, hacia río	
Existencia de quebradas / ríos / esteros cercanos <i>Distancia mínima (m)</i>	Sí, río y playa a 20m Aproximadamente	
Zona inundable <i>Sí / No / frecuencia</i>	No	
Espacio disponible para sistema <i>(m²; incluir área libre y topografía)</i>	350m ² Aproximadamente	
Vegetación existente <i>(Tipo, densidad, especies predominantes)</i>	Bosque	Zona de estación con áreas verdes y alrededores en bosque
Riesgos ambientales <i>(erosión, acceso de fauna, raíces invasoras, mareas)</i>	Acceso de fauna y raíces	
5. Infraestructura sanitaria existente		
Ítem	Dato / condición	Observaciones
Tipo de sistema actual <i>(fosa, pozo séptico, drenaje directo, trampa de grasa, etc.)</i>	PTAR pequeña, tanques séptico y drenajes.	La estación cuenta con una PTAR que esta fuera de funcionamiento(similar a la de estación Sirena pero más pequeña), trabaja como tanque séptico. La PTAR fue instalada por la empresa Bionest. También cuenta con tanque séptico el cual vierte a drenaje.
Estado físico <i>(óptimo / deteriorado / colmatado)</i>	Colmatado	En el caso del tanque séptico, se observan lodos colmatados, en la PTAR lo se logro observar.
Materiales de construcción <i>(concreto, plástico, fibra, etc.)</i>	Concreto, fibra	
Accesibilidad para mantenimiento <i>(tanques existentes, tuberías, etc.)</i>	Sí	
Posibilidad de reaprovechar estructuras	No	La PTAR hay que revisar las fichas y determinar si puede funcionar adecuadamente. El tanque séptico no presenta buenas condiciones.
Descarga actual <i>(pozo, drenaje, quebrada, infiltración)</i>	Descarga a drenajes	
Capacidad de infraestructura y equipamiento de recolección acorde con la demanda del servicio	Sí	
Infraestructura y equipos expuestos a daños por terceros y/o eventos naturales	Sí	
6. Condiciones logísticas y de mantenimiento		
Ítem	Dato / descripción	Observaciones
Frecuencia de visitas técnicas posibles <i>(mensual, trimestral, etc.)</i>		
Personal disponible para operación básica	Ninguno	
Disponibilidad de equipo de bombeo / energía <i>(bombas, paneles solares, generador)</i>	Existen fuentes de energía solar con capacidad limitada	
Posibilidad de disposición de lodos <i>(retirada, compostaje, fosa de secado)</i>	Se pueden retirar del sitio	Actualmente los desechos los depositan en una alcantarilla con tapa.
Restricciones de transporte de materiales <i>(acceso limitado, porte a pie, lancha, helicóptero)</i>	El transporte de materiales debe ser en lancha	



7. Condiciones ambientales y ecológicas		
Ítem	Dato / descripción	Observaciones
Fauna sensible o protegida cercana <i>(anfibios, aves, mamíferos)</i>	Sí	
Tipo de vegetación circundante <i>(bosque húmedo, manglar, pastizal)</i>	Bosque tropical lluvioso	
Riesgo de invasión de especies no nativas <i>(Alto / Medio / Bajo)</i>	Bajo	
Condiciones de sombra / luz solar <i>(horas de sol directo)</i>	10 horas aproximadamente	
Distancia mínima a fuentes de agua	500m Aproximadamente	
Proximidad a senderos o zonas de visita <i>(impacto visual / integración paisajística)</i>	Las obras puede causar impacto visual	Pese a no estar en las áreas de paso de los visitantes, los espacios que se podría utilizar están cerca de las zonas de visitantes y pueden causar un impacto visual
Otras Observaciones		



IX.9 Resultados de análisis de calidad de agua potable para la estación San Pedrillo



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID: 2502818-01

INFORME DE RESULTADOS AYA-FPT-011B

Tres Ríos, La Unión, Cartago, Costa Rica.
Teléfono: (506) 2278-4841.
Correo Electrónico: ina@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	AyA Presidencia Ejecutiva		Proc. Muestreo:	AyA-PT-019	
Contacto:	Isabel Araya Paniagua		Recolectado por:	Carlos Chacón Salas	
Sistema:	Parque Nacional Corcovado		Fecha de muestreo:	26/11/2025	
			Fecha de recepción:	27/11/2025	
Muestreo:	Sector San Pedrillo - Naciente		Fecha inicio ejecución:	26/11/2025	
Dirección:	En tanque de captación		Fecha final ejecución:	17/12/2025	
			Fecha de emisión:	18/12/2025	
Provincia:	Puntarenas	Cantón:	Osa	Tipo de muestra:	Aguas
e-mail:	iaraya@aya.go.cr	Teléfono:	22242-5000	Hora de recolección:	09:00

RESULTADOS DE ANÁLISIS

PARÁMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VMA	UNIDADES	MÉTODO	
Alcalinidad	*	38	1	2	3		mg/L	2320 M	
Amonio	*	N.D.	0,02	0,06	0,09	0,5	mg/L	4500NH3 M	
Cloruro	*	2,2	0,8	0,8	1,3	250	mg/L	4110-B M	
Fluoruro	*	N.D.	0,03	0,04	0,10	1,5	mg/L	4110-B M	
Nitrato	*	D.	0,5	0,8	1,4	50	mg/L	4110-B M	
Nitrito	*	N.D.	0,03	0,04	0,10	0,1	mg/L	4110-B M	
Sulfato	*	D.	0,8	0,8	1,6	250	mg/L	4110-B M	
Conductividad	†	*	84	3	4	5	µS/cm	2510 M	
Olor	†	**	Aceptable				Aceptable		
pH	†	*	6,31	0,10	4,01	4,01	6,0-8,0	4500-H+ M	
Temperatura	†	*	26,2	0,6	10,0	10,0	18-30	° C	2550 B
Turbiedad	†	*	0,58	0,07	0,12	0,15	5	UNT	2130-B M
Potasio	*	D.	0,8	1,1	1,4	10	mg/L	3500KB M	
Sodio	*	3,3	1,9	2,0	2,5	200	mg/L	3500NaB M	
Color aparente	*	4	1	2	4	15	U-Pt/Co	2120-C M	
Calcio	*	9,9	0,7	1,5	2,0	100	mg/L	3500CaD M	
Dureza de calcio	*	25	1	2	3		mg/L	3500Ca M	
Dureza total	*	33	1	2	3	400	mg/L	2340-D M	
Magnesio	*	2,1	0,6	0,5	1,0	50	mg/L	3500 B M	
Coliformes fecales	*	>2419.6	N.A.	<1	1	Negativo	NMP/100 mL	9223 B	
<i>Escherichia coli</i>	*	12,1	N.A.	<1	1	Negativo	NMP/100 mL	9223 B	
Aluminio	*	43	11	21	24	200	µg/L	3125-B M	
Antimonio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	5	µg/L	3125-B M	
Arsénico	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	10	µg/L	3125-B M	
Cadmio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	3	µg/L	3125-B M	
Cobre	*	N.D.	11	21	24	2000	µg/L	3125-B M	
Cromo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	50	µg/L	3125-B M	
Hierro	*	41	11	21	24	300	µg/L	3125-B M	
Manganeso	*	N.D.	11	21	24	500	µg/L	3125-B M	

Página 1 de 6

Rige: 28/07/2023
AYA

Aprobado por:
Dr. Darner Mora Alvarado



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID: 2502818-01

INFORME DE RESULTADOS
AYA-FPT-011B

Tres Ríos, La Unión, Cartago, Costa Rica.
Teléfono: (506) 2278-4841.
Correo Electrónico: lna@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	AyA Presidencia Ejecutiva		Proc. Muestreo:	AyA-PT-019	
Contacto:	Isabel Araya Paniagua		Recolectado por:	Carlos Chacón Salas	
Sistema:	Parque Nacional Corcovado		Fecha de muestreo:	26/11/2025	
			Fecha de recepción:	27/11/2025	
Muestreo:	Sector San Pedrillo - Naciente		Fecha inicio ejecución:	26/11/2025	
Dirección:	En tanque de captación		Fecha final ejecución:	17/12/2025	
			Fecha de emisión:	18/12/2025	
Provincia:	Puntarenas	Cantón:	Osa	Tipo de muestra:	Aguas
e-mail:	iaraya@aya.go.cr	Teléfono:	22242-5000	Hora de recolección:	09:00

RESULTADOS DE ANÁLISIS

PARÁMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VMA	UNIDADES	MÉTODO
Mercurio	*	N.D.	0,18	0,18	0,19	1	µg/L	3125-B M
Níquel	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	20	µg/L	3125-B M
Plomo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	10	µg/L	3125-B M
Selenio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	10	µg/L	3125-B M
Zinc	*	N.D.	11	21	24	3000	µg/L	3125-B M

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 detectado bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

VMA: Valor Máximo Admisible según normativa aplicable:

- Reglamento para la calidad del Agua potable Decreto Ejecutivo Nº 38924-S, cuadros 1, 2, 3, 4 o 5.
- Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales Decreto Ejecutivo Nº 33601, tablas 2, 3, 4, 5 o 6.
- Reglamento para el manejo y disposición final de lodos y biosólidos Decreto Ejecutivo Nº39316-S, tablas 2 o 3.
- Reglamento Sobre Manejo de Piscinas Decreto Ejecutivo 35309-S, cuadros 1, 2 o 3.
- Reglamento para la calidad del agua para consumo humano en establecimientos de salud Decreto Ejecutivo 37083-S, cuadros 1, 2 o 3.

MÉTODO: Corresponde al código del "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, un método oficial o modificaciones a partir de estos".

M: Modificado

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

** Ensayo no acreditado.

† Ensayo efectuado en sitio de muestreo.

Observaciones de Campo:

Observaciones:

En este análisis puntual los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo.

Página 2 de 6	Rige: 28/07/2023 AYA	Aprobado por: Dr. Darner Mora Alvarado
---------------	-------------------------	---



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID: 2502818-01

INFORME DE RESULTADOS
AYA-FPT-011B

Tres Ríos, La Unión, Cartago, Costa Rica.
Teléfono: (506) 2278-4841.
Correo Electrónico: ina@aya.go.cr



David Cambroner Bolaños
Jefe del Laboratorio Química



Johanna Méndez Araya
Jefe del Laboratorio Microbiología



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID: 2502818-02

INFORME DE RESULTADOS
AYA-FPT-011B

Tres Ríos, La Unión, Cartago, Costa Rica.
Teléfono: (506) 2278-4841.
Correo Electrónico: lna@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	AyA Presidencia Ejecutiva		Proc. Muestreo:	AyA-PT-019	
Contacto:	Isabel Araya Paniagua		Recolectado por:	Carlos Chacón Salas	
Sistema:	Parque Nacional Corcovado		Fecha de muestreo:	26/11/2025	
			Fecha de recepción:	27/11/2025	
Muestreo:	Sector San Pedrillo - Red de distribución		Fecha inicio ejecución:	26/11/2025	
Dirección:	Llave de chorro en la cocina casa de guardaparques		Fecha final ejecución:	17/12/2025	
			Fecha de emisión:	18/12/2025	
Provincia:	Puntarenas	Cantón:	Osa	Tipo de muestra:	Aguas
e-mail:	iaraya@aya.go.cr	Teléfono:	22242-5000	Hora de recolección:	10:30

RESULTADOS DE ANÁLISIS

PARÁMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VMA	UNIDADES	MÉTODO	
Alcalinidad	*	37	1	2	3		mg/L	2320 M	
Amonio	*	D.	0,02	0,06	0,09	0,5	mg/L	4500NH3 M	
Cloruro	*	2,2	0,8	0,8	1,3	250	mg/L	4110-B M	
Fluoruro	*	N.D.	0,03	0,04	0,10	1,5	mg/L	4110-B M	
Nitrato	*	N.D.	0,5	0,8	1,4	50	mg/L	4110-B M	
Nitrito	*	N.D.	0,03	0,04	0,10	0,1	mg/L	4110-B M	
Sulfato	*	D.	0,8	0,8	1,6	250	mg/L	4110-B M	
Conductividad	†	*	82	3	4	5	µS/cm	2510 M	
Olor	†	**	Aceptable				Aceptable		
pH	†	*	6,60	0,10	4,01	4,01	6,0-8,0	4500-H+ M	
Temperatura	†	*	26,7	0,6	10,0	10,0	18-30	° C	2550 B
Turbiedad	†	*	1,62	0,07	0,12	0,15	5	UNT	2130-B M
Potasio	*	D.	0,8	1,1	1,4	10	mg/L	3500KB M	
Sodio	*	3,2	1,9	2,0	2,5	200	mg/L	3500NaB M	
Cloro residual libre	†	*	N.D.	0,02	0,02	0,05	(0,3-1,0)	mg/L	4500Cl M
Color aparente	*	8	1	2	4	15	U-Pt/Co	2120-C M	
Calcio	*	9,9	0,7	1,5	2,0	100	mg/L	3500CaD M	
Dureza de calcio	*	25	1	2	3		mg/L	3500Ca M	
Dureza total	*	34	1	2	3	400	mg/L	2340-D M	
Magnesio	*	2,3	0,6	0,5	1,0	50	mg/L	3500 B M	
Coliformes fecales	*	67,7	N.A.	<1	1	Negativo	NMP/100 mL	9223 B	
<i>Escherichia coli</i>	*	3,1	N.A.	<1	1	Negativo	NMP/100 mL	9223 B	
Aluminio	*	114	11	21	24	200	µg/L	3125-B M	
Antimonio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	5	µg/L	3125-B M	
Arsénico	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	10	µg/L	3125-B M	
Cadmio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	3	µg/L	3125-B M	
Cobre	*	N.D.	11	21	24	2000	µg/L	3125-B M	
Cromo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	50	µg/L	3125-B M	
Hierro	*	101	11	21	24	300	µg/L	3125-B M	

Página 4 de 6

Rige: 28/07/2023
AYA

Aprobado por:
Dr. Darner Mora Alvarado



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID: 2502818-02

INFORME DE RESULTADOS
AYA-FPT-011B

Tres Ríos, La Unión, Cartago, Costa Rica.
Teléfono: (506) 2278-4841.
Correo Electrónico: lna@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	AyA Presidencia Ejecutiva		Proc. Muestreo:	AyA-PT-019	
Contacto:	Isabel Araya Paniagua		Recolectado por:	Carlos Chacón Salas	
Sistema:	Parque Nacional Corcovado		Fecha de muestreo:	26/11/2025	
			Fecha de recepción:	27/11/2025	
Muestreo:	Sector San Pedrillo - Red de distribución		Fecha inicio ejecución:	26/11/2025	
Dirección:	Llave de chorro en la cocina casa de guardaparques		Fecha final ejecución:	17/12/2025	
			Fecha de emisión:	18/12/2025	
Provincia:	Puntarenas	Cantón:	Osa	Tipo de muestra:	Aguas
e-mail:	iaraya@aya.go.cr	Teléfono:	22242-5000	Hora de recolección:	10:30

RESULTADOS DE ANÁLISIS

PARÁMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VMA	UNIDADES	MÉTODO
Manganeso	*	N.D.	11	21	24	500	µg/L	3125-B M
Mercurio	*	N.D.	0,18	0,18	0,19	1	µg/L	3125-B M
Níquel	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	20	µg/L	3125-B M
Plomo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	10	µg/L	3125-B M
Selenio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4	10	µg/L	3125-B M
Zinc	*	N.D.	11	21	24	3000	µg/L	3125-B M

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 detectado bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

VMA: Valor Máximo Admisible según normativa aplicable:

- Reglamento para la calidad del Agua potable Decreto Ejecutivo Nº 38924-S, cuadros 1, 2, 3, 4 o 5.
- Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales Decreto Ejecutivo Nº 33601, tablas 2, 3, 4, 5 o 6.
- Reglamento para el manejo y disposición final de lodos y biosólidos Decreto Ejecutivo Nº 39316-S, tablas 2 o 3.
- Reglamento Sobre Manejo de Piscinas Decreto Ejecutivo 35309-S, cuadros 1, 2 o 3.
- Reglamento para la calidad del agua para consumo humano en establecimientos de salud Decreto Ejecutivo 37083-S, cuadros 1, 2 o 3.

MÉTODO: Corresponde al código del "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, un método oficial o modificaciones a partir de estos".

M: Modificado

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

** Ensayo no acreditado.

† Ensayo efectuado en sitio de muestreo.

Observaciones de Campo:

Observaciones:

En este análisis puntual los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo.

Página 5 de 6	Rige: 28/07/2023 AYA	Aprobado por: Dr. Darner Mora Alvarado
---------------	-------------------------	---



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID: 2502818-02

INFORME DE RESULTADOS
AYA-FPT-011B

Tres Ríos, La Unión, Cartago, Costa Rica.
Teléfono: (506) 2278-4841.
Correo Electrónico: ina@aya.go.cr



David Cambrono Bolaños
Jefe del Laboratorio Química



Johanna Méndez Araya
Jefe del Laboratorio Microbiología



IX.10 Guía de inspección para calidad del agua potable (SERSA) aplicada en la estación San Pedrillo

[Enlace SERSA San Pedrillo](#)

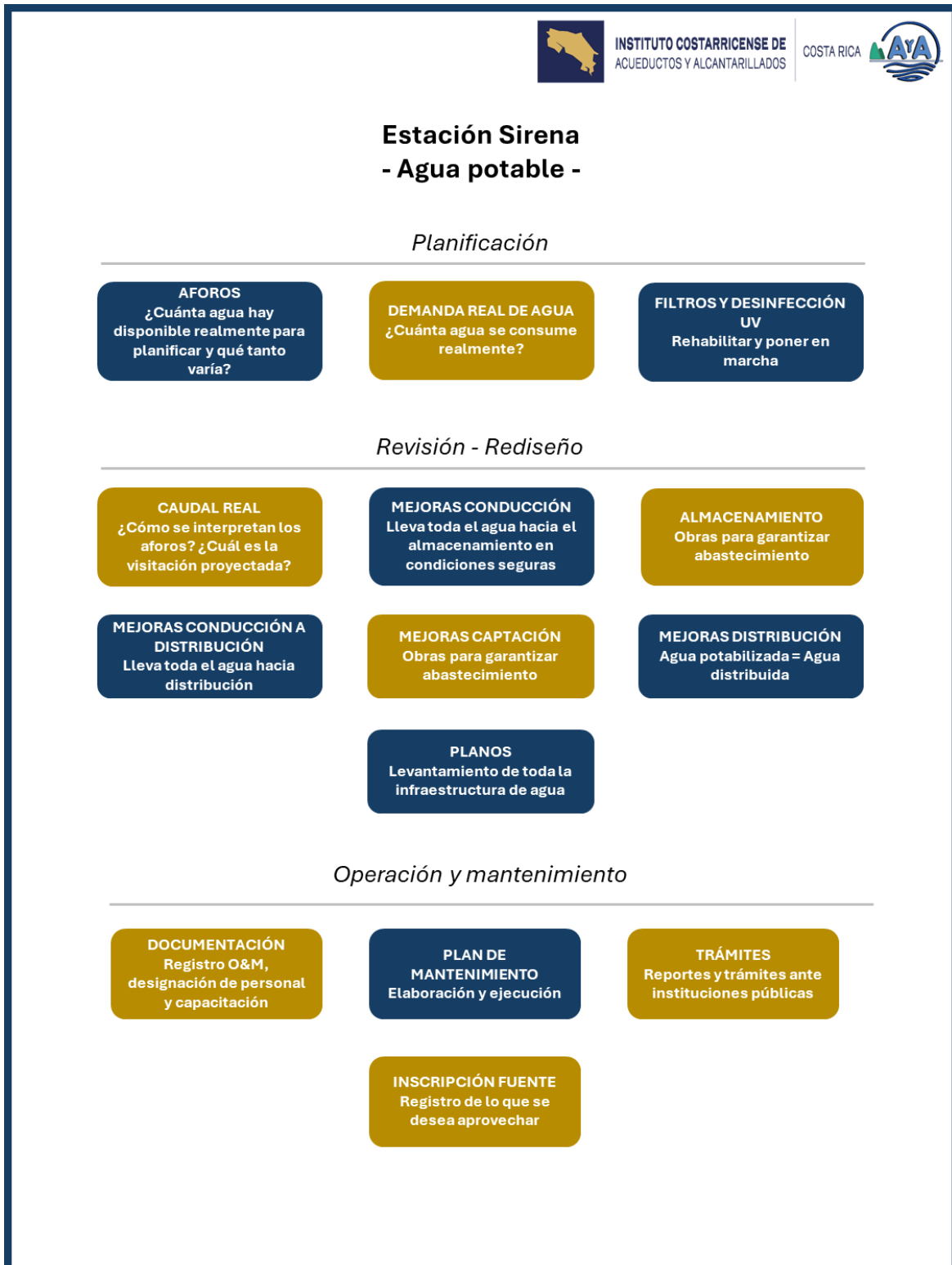


IX.11 Guía de informe técnico para la inspección del sistema de tratamiento de aguas residuales aplicada en la estación San Pedrillo

Enalce PTAR San Pedrillo



IX.12 Infografía acerca de mejoras en la estación Sirena





Estación Sirena - Agua residual -

Planificación

AFOROS
¿Cuánta agua se recibe en cada sistema de tratamiento y qué tanto varía?

VERIFICACIÓN DE DRENAJES
Con las pruebas de infiltración, revisar área de drenajes

LEVANTAMIENTO DE REDES
Características y destino real del agua residual

PTAR PRINCIPAL
¿Hay posibilidad de electricidad 24/7? ¿Mismo sistema o uno diferente?

Revisión - Rediseño

CAUDAL REAL
¿Cómo se interpretan los aforos? ¿Cuál es la visitación proyectada?

MEJORAS SEGÚN REGLAMENTO APROBACIÓN DE PLANTAS
Diseñar y construir

PLANOS
Levantamiento de toda la infraestructura de agua y aprobación en MINSA

Operación y mantenimiento

DOCUMENTACIÓN
Registro O&M, designación de personal y capacitación

PLAN DE MANTENIMIENTO
Elaboración y ejecución

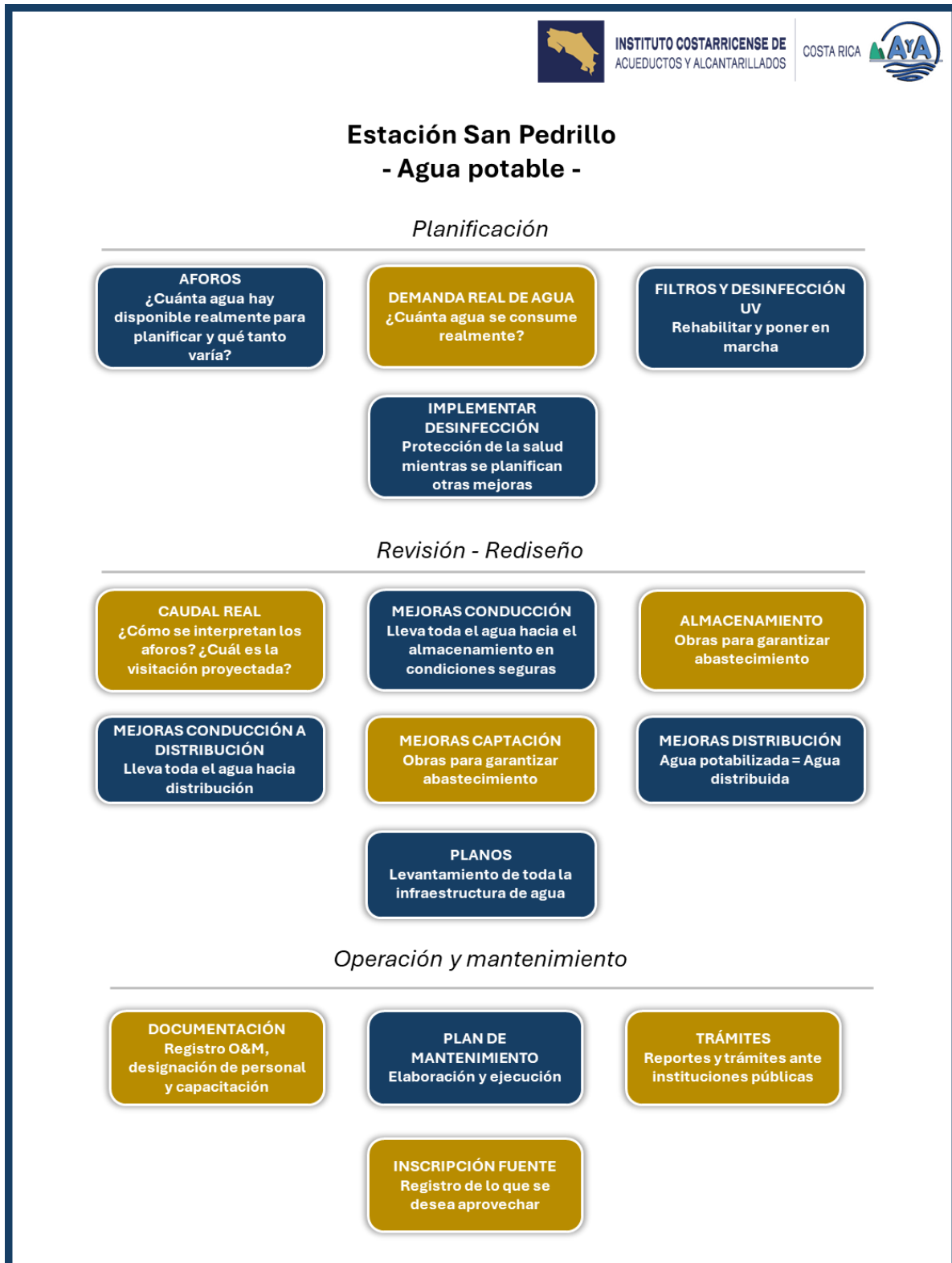
TRÁMITES
Reportes y trámites ante instituciones públicas

PERMISO DE UBICACIÓN
Trámite Ministerio de Salud

PERMISO DE VERTIDOS
Registro del punto de vertido



IX.13 Infografía acerca de mejoras en la estación San Pedrillo





Estación San Pedrillo - Agua residual -

Planificación

AFOROS

¿Cuánta agua se recibe en cada sistema de tratamiento y qué tanto varía?

VERIFICACIÓN DE DRENAJES

Con las pruebas de infiltración, revisar área de drenajes

LEVANTAMIENTO DE REDES

Características y destino real del agua residual

PTAR PRINCIPAL

¿Hay posibilidad de electricidad 24/7? ¿Mismo sistema o uno diferente?

PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

Efectuar pruebas y revisar drenajes

Revisión - Rediseño

CAUDAL REAL

¿Cómo se interpretan los aforos? ¿Cuál es la visitación proyectada?

MEJORAS SEGÚN REGLAMENTO APROBACIÓN DE PLANTAS

Diseñar y construir

PLANOS

Levantamiento de toda la infraestructura de agua y aprobación en MINSA

REHABILITACIÓN DE TANQUES SÉPTICOS Y DRENAJES

Revisa e implementa mejoras

BAÑOS VISITANTES

Mejoras para estabilización de estructuras

Operación y mantenimiento

DOCUMENTACIÓN

Registro O&M, designación de personal y capacitación

PLAN DE MANTENIMIENTO

Elaboración y ejecución

TRÁMITES

Reportes y trámites ante instituciones públicas

PERMISO DE UBICACIÓN

Trámite Ministerio de Salud

PERMISO DE VERTIDOS

Registro del punto de vertido



X. Referencias

- AyA. (22 de Septiembre de 2017). Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial. San José, Costa Rica.
- Bionest. (2025). *Bionest*. Obtenido de Bionest: <https://bionest.ca/ca/en/>
- Bionest. (19 de Septiembre de 2025). *Funcionamiento Bionest*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=ocH7RuVSkkU>
- CFIA. (2017). *Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones*. San José, Costa Rica.
- Mata Miranda, J. (2025). *Informe técnico sobre la implementación de la Herramienta Metodológica de Flujo de Visitantes en la Estación Biológica Sirena, Parque Nacional Corcovado*. Ministerio de Ambiente y Energía, Sistema Nacional de Áreas de Conservación. Osa, Costa Rica: Gobierno de Costa Rica.
- MINAE. (29 de Septiembre de 2021). *Dirección de aguas*. Obtenido de Manual técnico de dotaciones de agua: https://da.go.cr/wp-content/uploads/2016/06/MANUAL_TECNICO_DE_DOTACIONES_DE_AGUA.pdf
- OMS. (2017). Guías para la calidad del agua potable.
- OPS. (2004). Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales. Lima, Lima, Perú.
- Rosales Escalante, E. (2003). *Tanques sépticos: conceptos teóricos base y aplicaciones*. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.