INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

Estudio de mercado para definición de un posible concepto de potabilización para mejora de la calidad de agua en Bagaces

Fecha de entrega: 03 de junio de 2020

CONSECUTIVO DEL DOCUMENTO: **BPI2020-AT4-II-IA-8**

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
+506 2242-5000 * www.aya.go.cr
Pavas, San José, Costa Rica

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Centro de Documentación e Información
UEN Investigación y Desarrollo

AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS, ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN EL REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI

Yo, Eric Alonso Bogantes Cabezas

_____

_____

N° Cédula: 5-251-0327

_____

Dependencia: Gerencia General

_____

Autorizo como Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital y Catálogo en línea (OPAC).

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: gerenciageneral@aya.go.cr **N° Teléfono**: 2242-5090

Firma: _____

60 AyA ANIVERSARIO 1961- 2021

Firmado digitalmente por ERIC ALONSO BOGANTES CABEZAS (FIRMA)
Fecha: 2021.06.16 17:21:24 -06'00'

TABLA DE APROBACIONES DEL REGISTRO

Elaborado y revisado por:

ANDRES LAZO PAEZ (FIRMA)

Firmado digitalmente por ANDRES LAZO PAEZ (FIRMA)
Fecha: 2020.06.04 13:33:08 -05'00'

Andrés Lazo Páez

Aprobado por:

GERMAN GUSTAVO MORA RODRIGUEZ (FIRMA)

Firmado digitalmente por GERMAN GUSTAVO MORA RODRIGUEZ (FIRMA)
Fecha: 2020.06.04 14:22:01 -05'00'

German Mora Rodríguez

RESUMEN EJECUTIVO

La atención a la calidad del agua conlleva la determinación de la concentración de sustancias disueltas y suspendidas. En el caso del arsénico se trata de una sustancia disuelta que, al menos en Costa Rica, pocas veces se encuentra en valores superiores al máximo admisible que establece el Reglamento para la Calidad del Agua Potable. En el caso de Costa Rica, el arsénico que es posible encontrar en agua subterránea usualmente tiene origen en los minerales que componen la corteza terrestre (CCOA, 2014). En el país se han reportado valores de hasta varios cientos de microgramos por litro; aún bajo esta condición, la situación no se considera tan extrema como en otras latitudes donde los valores alcanzan dos o tres órdenes de magnitud más.

Este elemento químico ha sido detectado en la fuente que abastece el acueducto de Bagaces desde el año 2016, y su concentración típica se encuentra entre 8.4 y 10.9 µg/L. El valor promedio histórico de la fuente es de 9.5 µg/L. Es decir, la mayor parte del tiempo la concentración de arsénico cumple con el valor máximo admisible establecido para Costa Rica. Sin embargo, existen momentos puntuales durante el año en que se han detectado valores superiores al requerido; específicamente, en un 23% de las muestras valoradas por el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA).

El comportamiento de la concentración de arsénico en la fuente no es controlable por parte del operador del sistema. Sin embargo, es fundamental tomar medidas que permitan el abastecimiento permanente de agua de calidad potable en la comunidad. El presente documento ofrece un seguimiento al informe elaborado durante el mes de marzo “Alternativas de potabilización para mejora de la calidad de agua en Bagaces”. Se presentan los resultados de un estudio de mercado que se realizó con base en las tecnologías de potabilización que se conocen como mejor opción para tratar arsénico.

No fue posible obtener una especificación técnica y un costo definitivo para todos los bienes que se solicitó cotizar. Esto se debió a políticas que siguen las empresas fabricantes y distribuidoras en el país respecto a entrega de información técnica y

comercial. Sin embargo, a partir de la información recopilada se establecieron aspectos tales como: plazos posibles de ejecución, consideraciones técnicas, costos de inversión preliminares para una o dos opciones, y algunas pautas para la realización de futuros estudios de mercado. Esto sirve como insumo para la toma de decisiones a nivel institucional.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 6
1.1. Antecedentes 6
1.2. Justificación 7
1.3. Objetivos 7
1.3.1. Objetivo General 7
1.3.2. Objetivos específicos 7
1.4. Alcance 8
1.5. Limitaciones 8
2. METODOLOGÍA 8
2.1. Marco metodológico 8
2.2. Conformación del equipo 9
2.3. Actividades realizadas 9
3. RESULTADOS 9
3.1. Condiciones técnicas y comerciales de las alternativas tecnológicas 9
3.2. Costos directos de inversión 18
3.3. Espacio de tiempo para ejecución de un proyecto de potabilización 18
3.4. Oportunidades de mejora para estudios de mercado 20
4. CONCLUSIONES 22
5. RECOMENDACIONES 23
6. REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS 24
7. CONTROL DE CAMBIOS 25
8. APÉNDICES 26
9. ANEXOS 27

TABLA DE CUADROS

Cuadro 1 Empresas invitadas al estudio de mercado 10
Cuadro 2 Alternativas tecnológicas sugeridas 11
Cuadro 3 Información técnica suministrada por SAUBER, sólo para el componente planta 13
Cuadro 4 Información comercial suministrada por SAUBER, sólo para el componente planta 16
Cuadro 5 Tiempo de ejecución estimado para un proyecto de potabilización 19

1. INTRODUCCIÓN

El sistema bajo análisis corresponde al que abastece el casco central de Bagaces, entre algunos otros sectores. Se requiere valorar soluciones temporales de tratamiento que permita eliminar la incertidumbre que genera la variabilidad en la concentración de arsénico en la fuente principal que abastece la comunidad. Todo corresponde a un sistema operado por la Región Chorotega (RCH) del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), quien recibe el apoyo de la Subgerencia de Gestión de Sistemas Periféricos (SGSP).

En fecha 30 de marzo del 2020, la Subgerente de Gestión de Sistemas Periféricos solicita (vía correo electrónico) apoyo a la UEN Investigación y Desarrollo, para determinar si se conocen tecnologías que se puedan utilizar para el tratamiento de la fuente afectada por la concentración de arsénico que supera la norma nacional. A esta iniciativa se le agregó la posibilidad de realizar un estudio de mercado. La intención es poder emplear el líquido tratado para consumo humano. La solicitud de asesoría técnica se formaliza el mismo día.

1.1. Antecedentes

La iniciativa de investigación surge como una necesidad de atención a una situación recurrente que también se ha presentado en otras zonas del país. Las principales afectaciones se encuentran actualmente en las zonas de Bagaces, Cañas y Los Chiles; se conocen otras pequeñas afectaciones pero que corresponden a un impacto poblacional menor. En la Región Chorotega, hoy en día se aborda la temática por medio de cuatro plantas potabilizadoras; tres de ellas ubicadas en las cercanías del casco central de Bagaces. Específicamente, se aplica el proceso unitario conocido como adsorción sobre dióxido de titanio para remover el arsénico presente en el agua hasta alcanzar las metas de calidad propuestas.

Ya existe un proyecto integral para la atención de esta problemática, el cual se encuentra a cargo de la UEN Programación y Control. No obstante, su finalización está prevista para dentro de 18 a 24 meses, ya que está pendiente todo el proceso de construcción. Con este proyecto se estaría reemplazando la fuente afectada por arsénico por otra de mejor calidad.

Adicionalmente, durante el año 2019 la UEN Investigación y Desarrollo (ID) remitió a la SGSP un informe (UEN-ID-2019-00451) denominado: "*Alternativas para reducción del impacto del sílice en el desempeño de las plantas potabilizadoras para remoción de arsénico de Bagaces, Guanacaste*". También, durante el año 2020 se remitió el informe (UEN-ID-2020-00243) denominado: "*Alternativas de potabilización para mejora de la calidad de agua en Bagaces*". En ambos documentos se actualizaba el conocimiento relacionado con alternativas para remoción de arsénico.

1.2. Justificación

El presente informe responde a la solicitud de asesoría técnica denominada: 2020-GTE-106-02-F1-04.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Establecer consideraciones técnicas y comerciales para la adquisición de una planta potabilizadora para parte del agua que abastece el casco central de Bagaces, cuya concentración de arsénico supera ligeramente el valor máximo admisible indicado por el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

1.3.2. Objetivos específicos

- Conocer las condiciones técnicas para alternativas de remoción de arsénico presente en agua, en el caso de ósmosis inversa y otras posibles soluciones innovadoras.

- Conocer las condiciones comerciales para alternativas de remoción de arsénico presente en agua, en el caso de ósmosis inversa y otras posibles soluciones innovadoras.
- Estimar los costos directos aproximados de inversión para sistemas de remoción de arsénico presente en agua: caso Bagaces centro.
- Estimar el posible plazo de ejecución para la implementación de una posible planta potabilizadora en Bagaces.
- Establecer oportunidades de mejora para la realización de estudios de mercado.

1.4. Alcance

Este documento corresponde a un análisis preliminar de tecnologías disponibles para atender la calidad de agua afectada por arsénico. Se trata de un resultado que se basa en datos comerciales suministrados por empresas.

1.5. Limitaciones

La principal limitación para el desarrollo del producto documental es el tiempo disponible, pues no permite una recopilación detallada de información comercial. Además, la obtención de información está sujeta totalmente a la disponibilidad de las empresas privadas. Muchas de ellas no están dispuestas a entregar información si no es para un proceso de contratación vigente, debido a la carga de trabajo no remunerada que representa esta labor.

2. METODOLOGÍA

2.1. Marco metodológico

El estudio se basa en información suministrada por empresas privadas, bajo la modalidad de estudio de mercado. Posteriormente, se utiliza conocimiento adquirido por la UEN ID para interpretar la información y generar los demás insumos.

2.2. Conformación del equipo

Únicamente participa personal del área funcional Investigación Aplicada, junto con la Dirección de la UEN ID.

2.3. Actividades realizadas

Las actividades realizadas corresponden únicamente a trabajo de oficina descrito en la sección 2.1.

3. RESULTADOS

3.1. Condiciones técnicas y comerciales de las alternativas tecnológicas

Con el fin de conocer las condiciones técnicas y comerciales de alternativas para remoción de arsénico, se elaboró una especificación técnica base con un requerimiento de información inicial (apéndice A-1). Esta herramienta tenía como fin establecer condiciones base que fueran iguales para todos los participantes en el estudio de mercado. Así se contaría con condiciones idóneas para garantizar comparabilidad de las propuestas.

Los principales temas abordados en el requerimiento de información fueron:

- Descripción de la situación.
- Solicitud de cotización de una alternativa que permita atender tres fuentes de agua con un solo equipo: naciente Bagaces, naciente El Chile y pozo Quintas don Miguel.
- Condición operativa deseada.
- Calidad de agua base para cada fuente.
- Calidad de agua deseada.
- Condiciones técnicas que se desean conocer.

- Condiciones comerciales que se desean conocer.

Las empresas participantes del estudio de mercado fueron seleccionadas con base en información que está disponible en el registro de proveedores de SICOP. Básicamente, se seleccionaron 10 empresas que en algún momento han sido proveedores de tecnologías para tratamiento de aguas en AyA (cuadro 1). Esta condición no limita que en futuros estudios se puedan invitar más empresas o bien que se amplíe la consulta para que logre un alcance nacional. No se asignó un plazo específico para el suministro de la información deseada, pues en este caso se trata de una actividad no remunerada que desempeña el sector privado. La consulta fue remitida el día 31 de marzo del 2020 y el cierre de recepción de consultas y propuestas se realizó el día 27 de mayo del 2020.

Cuadro 1 Empresas invitadas al estudio de mercado

Empresa	Contacto	Confirmación de participación	Recepción de propuesta
Hidroclear	Rodrigo Ortega	Sí	No
WWT Ingeniería	Martín Berzosa	Sí	No
DIESSA Z&S	Juan Zamora	Sí	No
DEINSA	José Asan	Sí	No
COCOTAPWATER	Lucas Rivera	Sí	No
RYM	Nicolás Pombo	Sí	No
VYP	Jorge Vieto	No	No
Lucas Electrohidráulica	Pablo Lucas	No	No
Consultoría Fabián Arias	Fabián Arias	No	No
SAUBER	Armando Alvarado	Sí	Sí

Referencia: Elaboración propia.

Tal y como se observa en el cuadro 1, se contactaron diez empresas y de ellas sólo una envió una propuesta concreta, aunque sin el grado de detalle solicitado (técnico principalmente). Esto implica una tasa de respuesta de un 10%. En algunos casos, ciertas empresas que sí confirmaron participación (70%), pero no enviaron oferta. De estas, algunas pudieron suministrar algún dato técnico no oficial por vía telefónica. Entre ellas estuvieron: Hidroclear, WWT Ingeniería, DEINSA, y RYM (40% del total).

En el estudio se solicitó, como uno de los supuestos principales, considerar separación por membranas como la opción principal a cotizar. Sin embargo, se dejó abierta la opción de que el interesado pudiera proponer tecnologías innovadoras no consideradas previamente por AyA. Tal y como se citó en informes anteriores, el AyA había identificado previamente las siguientes tecnologías: filtración con membranas, coagulación-filtración, y adsorción. Como resultado del estudio de mercado, las principales alternativas tecnológicas sugeridas por los interesados fueron las que se citan en el cuadro 2. Es importante aclarar que éstas no fueron necesariamente cotizadas formalmente.

Cuadro 2 Alternativas tecnológicas sugeridas

Empresa	Alternativa para potabilización	Observaciones
Hidroclear	Electrodiálisis reversa	La casa matriz (Suez Water Tecnologies and Solutions) ofrece la ejecución de un sistema piloto con un costo directo de al menos $50,000. Requiere mayor seguimiento. No cotizado.
WWT Ingeniería	Ósmosis inversa	La casa matriz (LG Water Solutions) ofreció cotizar el sistema, pero no se ha tenido respuesta definitiva.
DEINSA	Ultrafiltración + Adsorción sobre dióxido de titanio	Propone esta alternativa como un sistema piloto. No cotizado.
RYM	Coagulación + Ultrafiltración	La casa matriz (Fluence Corp.) ofreció cotizar el sistema, pero no se ha tenido respuesta definitiva.
SAUBER	1. Coagulación + Filtración 2. Coagulación + Filtración + Ultrafiltración 3. Coagulación + Filtración + Ósmosis inversa	La casa matriz (Pureaqua USA) permitió cotizar formalmente.

Referencia: Elaboración propia.

Como parte de los principales insumos técnicos obtenidos por medio del contacto de las empresas citadas en el cuadro 2, se tiene lo siguiente:

- La electrodiálisis reversa (EDR) no se ve afectada por la concentración de sílice, lo cual es un aspecto que sí afecta el uso de ósmosis inversa. Por lo tanto, ofrece un menor volumen de rechazo y maximiza la producción; el factor de producción es cercano al 90%. La calidad de rechazo, de manera preliminar, parece mostrar condiciones para poder realizar un vertido de aguas residuales a un cuerpo receptor. La mayor limitante detectada para EDR es la eficiencia en remoción de arsénico propiamente; para el análisis de calidad de aguas de las aguas cercanas al casco central de Bagaces, la eficiencia de remoción se encontraría entre un 50% y 60%, lo cual implicaría la necesidad de incorporar varias etapas en serie. No sería suficiente tratar una proporción del caudal para lograr la dilución deseada.
- Debido a la alta concentración de sílice (sal limitante para el proceso), la ósmosis inversa no puede ofrecer un factor de conversión mayor a 60%, incluso con el uso de agentes anti-incrustantes de la mayor calidad.
- La propuesta de ultrafiltración y adsorción sobre dióxido de titanio se planteó como un sistema piloto solamente. No se ha tenido respuesta definitiva, incluso en relación con el aspecto de que la ultrafiltración no tiene potencial de evitar la afectación por sílice que eventualmente influye en el proceso de adsorción. El proceso de adsorción ya es conocido por AyA.
- La coagulación y ultrafiltración es un proceso desarrollado por Fluence Corp. La calidad de rechazo debe ser estimada por casa matriz para poder valorar si es posible disponerlo como un vertido de aguas residuales a un cuerpo receptor. Igualmente, se desconoce si la calidad del agua tratada puede mantener el arsénico bajo los niveles solicitados, para poder realizar dilución posterior con agua cruda.

Al comparar la información solicitada con la entregada por SAUBER (2020), es posible obtener lo que se indica en el cuadro 3. Según la información tabulada, SAUBER (2020)

presentó tres esquemas posibles de tratamiento. Las opciones presentadas requieren aplicación de cloruro férrico para lograr la eliminación del arsénico, pues típicamente el agua de las fuentes valoradas no cuenta con concentración suficiente para el proceso de remoción. Solamente se remueven sólidos disueltos en la opción 3, aunque el factor de conversión mostrado parece ligeramente alto, para la concentración de sílice presente en el agua. No se presenta una simulación con software que demuestre el cumplimiento de la condición citada para el uso de membranas.

Debido a lo anterior, si bien las propuestas expresadas por SAUBER (2020) se consideran como técnicamente viables, no se estiman como convenientes para AyA. Por una parte, todas las opciones generarían residuos que podrían considerarse como desecho peligroso, lo cual no parece óptimo para la gestión operativa con que cuenta la Región Chorotega. Además, la ósmosis ha demostrado un bajo factor de producción, según la información recopilada. Y de manera complementaria, es posible que ninguna de estas alternativas puedan mantener de forma sostenida la concentración de arsénico en menos de 1.5 µg/L, como se había solicitado en el estudio de mercado.

Cuadro 3 Información técnica suministrada por SAUBER, sólo para el componente planta

#	Información solicitada	Oferta SAUBER		
		Opción 1	**Opción 2**	**Opción 3**
1	Tipo de membrana propuesta	No aplica.	Ultrafiltración	Ósmosis inversa
2	Especificación del tipo de membrana propuesta	No aplica.	No se indica.	No se indica.
3	Componentes generales, peso y dimensiones.	Dosificación de químicos Filtración catalítica Filtración con carbón activado	Dosificación de químicos Filtración catalítica Filtración con carbón activado	Dosificación de químicos Filtración catalítica Filtración con carbón activado

#	Información solicitada	Oferta SAUBER		
		Opción 1	**Opción 2**	**Opción 3**
		1 contenedor (L x A x H): 12 m x 2.2 m x 2.5 m No indica peso	Ultrafiltración 2 contenedores (L x A x H): 12 m x 2.2 m x 2.5 m 4.3 toneladas cada una	Ósmosis inversa 1 contenedor (L x A x H): 12 m x 2.4 m x 2.9 m 4.3 toneladas
4	Calidad proyectada del agua producida según simulación con software.	No se indica.	No se indica.	Sólo se indica para ósmosis, entre 0.09 y 0.66 ug/L.
5	Calidad proyectada del rechazo según simulación con software.	No se indica.	No se indica.	No se indica.
6	Caudal mínimo por tratar, para obtener el agua deseada.	10 L/s	No se indica.	17 L/s a 30 psi (no indica el escenario).
7	Factor de conversión.	100%	No se indica.	70-75%
8	Factor de concentración.	No aplica.	No se indica.	No se indica.
9	Factor de rechazo.	No aplica.	No se indica.	No se indica.
10	Cantidad de etapas y pasos.	No aplica.	No se indica.	No se indica.
11	Pre-tratamientos propuestos.	Dosificación de químicos Filtración catalítica Filtración con carbón activado	Dosificación de químicos Filtración catalítica Filtración con carbón activado	Dosificación de químicos Filtración catalítica Filtración con carbón activado
12	Indicación de insumos químicos requeridos para operación, con su estimación de consumo.	No se indica.	No se indica.	4.9 kg/d anti-incustante 3,0 kg/d preservante

#	Información solicitada	Oferta SAUBER		
		Opción 1	**Opción 2**	**Opción 3**
13	Costo unitario según: potencia total instalada, requerimiento de potencia en transformadores, costo mensual de energía eléctrica, costo mensual de productos químicos, costo de reemplazo de membranas.	No se indica.	No se indica.	948 $/mes anti-incustante 341 $/mes preservante 122 $/mes limpieza No se indica lo demás.
14	Parámetros recomendados para monitoreo en cada corriente de proceso.	No se indica.	No se indica.	No se indica.
15	Requerimientos por satisfacer en caso de paradas: 1-6 horas, 24 horas, más de 24 horas.	No se indica.	No se indica.	No se indica.
16	Condiciones técnicas mínimas por satisfacer para funcionamiento adecuado.	No se indica.	No se indica.	40 HP, 60 Hz, 3 fases, 460V. 50 psi en ingreso a container. No se indica lo demás.

Referencia: Elaboración propia con datos de SAUBER (2020).

En el caso de la información de índole comercial, SAUBER (2020) indicó los datos que se muestran en el cuadro 4. Según esta información, las opciones de potabilización tienen un costo directo que se ubica entre $ 173,948 y $ 460,796. Además, el tiempo de entrega se estima con un máximo de 18 semanas a partir de la orden de entrega. Este último factor constituye un elemento crítico en cualquier ruta de planificación de proyecto.

Cuadro 4 Información comercial suministrada por SAUBER, sólo para el componente planta

#	Información solicitada	Oferta SAUBER		
		Opción 1	**Opción 2**	**Opción 3**
1	Costo total puesto en Bagaces, incluyendo: reservorios, equipos y accesorios varios, capacitación (3 días), acompañamiento presencial (10 días), garantía buen funcionamiento (2 años) y visitas mensuales (una vez al mes durante primer año de garantía).	$ 173,948	$ 460,796	$ 357,919
2	Tiempo de entrega, luego de emitida la orden de inicio.	14 – 18 semanas	14 – 18 semanas	14 – 18 semanas
3	Disponibilidad de repuestos en Costa Rica (tiempo de entrega más común).	No se indica.	No se indica.	No se indica.
4	Nombre de la casa matriz fabricante.	Pureaqua USA	Pureaqua USA	Pureaqua USA
5	Otros aspectos de relevancia para el suministro de este tipo de soluciones.	Costo por asesoría, capacitación puesta en marcha y estabilización del sistema: $ 4,198	Costo por asesoría, capacitación puesta en marcha y estabilización del sistema: $ 4,198	Costo por asesoría, capacitación puesta en marcha y estabilización del sistema: $ 4,198

Referencia: Elaboración propia con datos de SAUBER (2020).

Según lo documentado, a pesar de que la calidad de agua en Bagaces no presenta afectaciones significativas más allá de los valores de concentración de arsénico sobre el valor máximo admisible, la opción de uso de membranas no es viable para el caso del acueducto, suponiendo la posibilidad de dilución. Incluso si se considera tratamiento para todo el caudal del período de verano, es probable que se presente una reducción cercana a los 7 L/s. Esto implicaría un incremento significativo en la inversión inicial y una

afectación al servicio. Todo está fundamentado en la afectación que provoca el sílice presente en la matriz agua.

Las tecnologías alternativas que involucran la adición de cloruro férrico u otro coagulante similar a base de hierro no ofrecen un comportamiento estable de la calidad del agua producida, lo cual es clave para lograr realizar la dilución. Es decir, no pueden mantener valores menores o iguales a los 1.5 µg/L que se tienen establecidos como meta para lograr una adecuada dilución con agua cruda. Esta afirmación se basa en conversaciones preliminares sostenidas con parte de las empresas citadas en el cuadro 2. Además, ese tipo de soluciones implican la conceptualización de un sistema para manejo de residuos peligrosos, el cual estaría constituido mayoritariamente por la sal de hierro, sus hidróxidos y el arsénico adsorbido.

En el caso de la adsorción sobre dióxido de titanio y sus variaciones, se considera que ya es una tecnología ampliamente conocida por AyA. Tiene un desempeño muy satisfactorio, pero requiere el tratamiento del caudal completo. No permite trabajar con algún grado de dilución por contar con una curva de ruptura progresiva. En caso de considerarse como la más apta luego del uso de membranas (Lazo, 2020) debido al efecto del sílice, sería recomendable que se considere la implementación de una planta similar a la existente en Bebedero de Cañas, la cual está diseñada para un caudal de 15 L/s y una concentración de arsénico más alta a la del acueducto de Bagaces.

Por otra parte, la electrodiálisis reversa ofrece una opción que conceptualmente es prometedora para un agua ligeramente salobre como la de Bagaces. Su principio de funcionamiento no se ve afectado por la concentración de sílice en el agua, y ya que trabaja con membranas, permite obtener una calidad de agua estable con una concentración baja de arsénico. No obstante, según la información obtenida, requeriría tratamiento de la totalidad del caudal en varias etapas ubicadas en serie. Al cierre del período de recepción de muestras de interés para el estudio de mercado, no fue posible obtener cotizaciones definitivas.

3.2. Costos directos de inversión

Debido a la limitante que presenta el uso de membranas, lo cual se había considerado como una alternativa bastante viable, a nivel de costos de inversión se presenta el dato referido a adsorción sobre dióxido de titanio. Se toma como base la licitación del año 2013, la cual permitió instalar los sistemas de remoción de arsénico que existen actualmente en Bebedero de Cañas y algunos sectores de Bagaces. De acuerdo con la información de la oferta presentada en su momento por Proyectos Turbina (2013), el costo por concepto de elaboración de cronograma y planos finales, además de la construcción de obra civil y suministro e instalación de equipos ascendió a cerca de $492,000.

Aunque el costo antes indicado se debe re-calcular con base en índices de costos apropiados, siguiendo el desglose necesario a nivel de obra, es posible asegurar que la inversión en una nueva planta potabilizadora similar a la de Bebedero será superior a los $ 500,000. Otra opción que se podría valorar es el traslado de la planta ubicada en Cañas al sitio de la naciente Bagaces u otro aledaño, en el momento en que se habilite la nueva planta potabilizadora de la ciudad. Para ello, las áreas de diseño respectivas deberán realizar las estimaciones del caso.

3.3. Espacio de tiempo para ejecución de un proyecto de potabilización

Se realizó un esfuerzo adicional, para calcular al potencial duración preliminar que tendría un proyecto de implementación de una nueva planta potabilizadora. Para ello, se tomó como referencia el dato de tiempo de entrega indicado por SAUBER (2020) y el dato reportado por la oferta de Proyectos Turbina (2013) para las fases I y II (diseños y construcción de obras). En el caso de SAUBER (2020) se reporta un tiempo máximo de suministro de la planta en 18 semanas, mientras que Proyectos Turbina (2013) empleó 24 semanas.

Cuadro 5 Tiempo de ejecución estimado para un proyecto de potabilización

Id	EDT	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Pred	Com	Nombres de los recursos
1	**1**		**Implementación de potabilización para Bagaces**	**391.81 días**	**mar 26/05/2**	**vie 10/12/21**			
2	**1.1**		**Formulación y diseño**	**101 días**	**mar 26/05/2**	**mié 14/10/2**			
3	1.1.1		Visita de campo entre UEN PyC y Región	1 día	lun 15/06/2(	lun 15/06/2(			SAID (UEN AP,UEN PyC,UEN ID) y RCH
4	1.1.2		Estudio de condición registral de las propiedades	3 días	mar 26/05/2	jue 28/05/2(			UEN PyC
5	1.1.3		Concepto sanitario preliminar para potabilizació	8 días	mar 16/06/2	jue 25/06/2(	3		UEN ID
6	1.1.4		Cotización del componente de potabilización	30 días	vie 26/06/2(	jue 06/08/2(	5		UEN ID
7	1.1.5		Estimación de carga eléctrica requerida para el proyecto	2 días	vie 07/08/20	lun 10/08/20	6		UEN PyC
8	1.1.6		Verificación de condiciones del sistema eléctrico	1 día	mar 11/08/2	mar 11/08/2	7		UEN PyC
9	1.1.7		Solicitud de estudio eléctrico al proveedor del se	1 día	mié 12/08/2	mié 12/08/2	8		UEN PyC
10	1.1.8		Estudio eléctrico por parte del proveedor del ser	15 días	jue 13/08/2(	mié 02/09/2	9		Empresa proveedora del servicio eléctrico
11	1.1.9		Solicitud de cotización de ampliación del tendido eléctrico al proveedor del servicio	1 día	jue 03/09/20	jue 03/09/20	10		UEN PyC
12	1.1.10		Cotización de ampliación del tendido eléctrico por parte del proveedor del servicio	10 días	vie 04/09/20	vie 18/09/20	11		Empresa proveedora del servicio eléctrico
13	1.1.11		Elaboración de especificación técnica para obra en media tensión	5 días	lun 21/09/20	vie 25/09/20	12		UEN PyC
14	1.1.12		Estudio de suelos del terreno existente	40 días	vie 29/05/2(	jue 23/07/2(	4		UEN PyC contrato
15	1.1.13		Estudio hidrológico para valorar potencial de inundación	30 días	mar 16/06/20	lun 27/07/20	3		UEN PyC
16	1.1.14		Definición de obras conexas, diferentes a las de obra en media tensión	5 días	vie 07/08/20	jue 13/08/20	6		UEN PyC
17	1.1.15		Elaboración del concepto de proyecto para tramitar posible viabilidad ambiental	2 días	vie 14/08/20	lun 17/08/20	16		UEN PyC
18	1.1.16		Solicitud de apoyo a UEN Gestión Ambiental, para trámite de viabilidad ambiental	1 día	mar 18/08/20	mar 18/08/20	17		UEN PyC
19	1.1.17		Diseño de obras conexas, diferentes a las de obra en media tensión	20 días	vie 14/08/20	jue 10/09/20	16		UEN PyC
20	1.1.18		Trámite de viabilidad ambiental, suponiendo D2	20 días	vie 11/09/2(	vie 09/10/20	19		UEN GA
21	1.1.19		Elaboración de memorias de cálculo	5 días	mar 18/08/2	lun 24/08/2(	17		UEN PyC
22	1.1.20		Elaboración de planos constructivos	5 días	mié 19/08/2	mar 25/08/2	18		UEN PyC
23	1.1.21		Elaboración de especificaciones técnicas	20 días	vie 11/09/2(	vie 09/10/20	19		UEN PyC
24	1.1.22		Estimación de presupuesto definitivo	3 días	lun 12/10/2(	mié 14/10/2	23		UEN PyC
25	**1.2**		**Proceso de adquisición nueva planta potabilizador**	**153.81 días**	**mié 09/09/2**	**mié 28/04/2**		**Proc**	
26	1.2.1		Solicitud de modificación presupuestaria	4.81 días	mié 09/09/2	mié 16/09/2(			UEN PyC
27	1.2.2		Elaboración de solicitud de pedido y reserva presupuestaria	1 día	mié 16/09/20	jue 17/09/20	26		RCH/UEN AP
28	1.2.3		Elaboración de documentación accesoria para envío a UEN Administración de Proyectos	1 día	jue 17/09/20	vie 18/09/20	27		UEN PyC
29	1.2.4		Envío de información a UEN Administración de Proyectos	1 día	vie 18/09/20	lun 21/09/20	28		UEN PyC
30	1.2.5		Elaboración de posibles términos de referencia (UEN AP)	40 días	lun 21/09/20	lun 16/11/20	29		UEN AP
31	1.2.6		Inclusión de procedimiento de compra en SICOP	3 días	lun 16/11/2(	jue 19/11/2(	30		UEN AP
32	1.2.7		Revisión de documentación en Proveeduría	1 día	jue 19/11/2(	vie 20/11/20	31		Proveeduría
33	1.2.8		Confección del cartel de compra	20 días	vie 20/11/2(	lun 04/01/21	32		Proveeduría
34	1.2.9		Firma del cartel	2 días	lun 04/01/21	mié 06/01/2	33		Proveeduría
35	1.2.10		Publicación del procedimiento de compra en SIC	1 día	mié 06/01/2	jue 07/01/21	34		Proveeduría
36	1.2.11		Período para recepción de ofertas	20 días	jue 07/01/21	jue 04/02/21	35		Proveeduría
37	1.2.12		Período para adjudicación	40 días	jue 04/02/21	jue 01/04/21	36		Proveeduría
38	1.2.13		Período para firmeza	5 días	jue 01/04/21	jue 08/04/21	37		Proveeduría
39	1.2.14		Período por posibles recursos de revocatoria o apelaciones	5 días	jue 08/04/21	jue 15/04/21	38		Proveeduría
40	1.2.15		Adjudicación definitiva	3 días	jue 15/04/21	mar 20/04/2	39		Proveeduría
41	1.2.16		Notificación al adjudicatario ganador	1 día	mar 20/04/2	mié 21/04/2	40		Proveeduría
42	1.2.17		Emisión del pedido abierto	2 días	mié 21/04/2	vie 23/04/21	41		Proveeduría
43	1.2.18		Revisión y firma del pedido abierto	2 días	vie 23/04/21	mar 27/04/2	42		Proveeduría
44	1.2.19		Entrega del pedido	1 día	mar 27/04/2	mié 28/04/2	43		Proveeduría
45	**1.3**		**Ejecución**	**168 días**	**mar 20/04/2**	**vie 10/12/21**			
46	1.3.1		Emisión de orden de inicio	10 días	mar 20/04/2	mar 04/05/2	40		UEN AP
47	1.3.2		Fase 1: Diseños finales	10 días	mar 04/05/2	mar 18/05/2	46		Contratista,fiscaliza UEN AP,UEN PyC,RCH y UEN ID
48	1.3.3		Fase 2: Suministro	90 días	mar 18/05/2	mar 21/09/2	47		Contratista,fiscaliza UEN AP,UEN PyC,RCH y UEN ID
49	1.3.4		Fase 3: Entrega y puesta en marcha	15 días	mar 21/09/2	mar 12/10/2	48		Contratista,fiscaliza UEN AP,UEN PyC,RCH y UEN ID
50	1.3.5		Fase 4: Capacitación y seguimiento	3 días	mar 12/10/2	vie 15/10/21	49		Contratista,fiscaliza UEN AP,recibe RCH
51	1.3.6		Fase 5: Operación y transferencia tecnológica	40 días	vie 15/10/21	vie 10/12/21	50		Contratista,fiscaliza UEN AP,recibe RCH

Referencia: Elaboración propia

Partiendo de un escenario con un plazo de entrega bajo (18 semanas), es posible estimar un tiempo total de ejecución de cerca de 392 días hábiles. Si se toman como referencia las fechas calendario que se muestran en el Cuadro 5, la duración aproximada se puede interpretar también como un año y cuatro meses. En este punto importante anotar que se realizaron varios supuestos de duración de ciertas actividades en áreas funcionales ajenas a la UEN ID, lo cual debe ser revisado por cada unidad respectiva.

Se considera que, para poder cumplir con las demandas de la población en términos de agua, el mayor riesgo lo representa el plazo potencial de ejecución de un proyecto de potabilización de alta complejidad, como el que se documenta en este informe.

3.4. Oportunidades de mejora para estudios de mercado

Debido a la limitada información que se pudo obtener por parte de las empresas interesadas en ofrecer este tipo de soluciones, se convierte en un deber institucional la formulación de una estrategia para realizar estudios de mercado para proyectos de potabilización e incluso para aquellos de tratamiento de aguas residuales. Es claro que el suministro de información técnica y comercial por parte de oferentes, para un estudio de mercado, es un trabajo que requiere mucha dedicación y conocimiento técnico. Además, es una actividad que no es remunerada de ninguna manera.

Muchos oferentes nacionales cumplen el papel de integradores de tecnología en el país, y por lo tanto, dependen de grandes y medianas casas fabricantes ubicadas en el exterior. Típicamente, existe un recelo para brindar información de costos aproximados debido a la fuerte competencia que existe en el mercado. Adicionalmente, en algún momento estos mismos interesados podrían participar en un proceso de contratación administrativa; es claro que estarían en clara desventaja con otros posibles oferentes por haber revelado información antes de que se inicie el proceso de compra.

Por otra parte, las empresas proveedoras de tecnología de mayor renombre no entregan información técnica o comercial sin antes haber realizado un diseño exhaustivo

de sus productos. Y desde la posición de AyA, debido a que el estudio de mercado representa un acto voluntario, no es posible exigir todo el grado de detalle técnico que quisiera o bien que pudiera requerir. Toda esta situación se convierte en un vacío que limita al sector público para la confección de carteles de contratación del más alto nivel y con los presupuestos más adecuados a la realidad del sector de agua potable y saneamiento.

Según lo anterior, se plantean algunas oportunidades de mejora para la ejecución futura de estudios de mercado. Éstas se están analizando con mayor detalle en el proyecto de investigación denominado "*Catálogo de Plantas Potabilizadoras Plug & Play*", a cargo del Ingeniero Rodolfo Araya. Algunas consideraciones generales para poder mejorar estudios de mercado son:

- Limitar el nivel de información técnica y comercial que se solicita.
- Crear una base de datos donde los proveedores interesados se puedan inscribir, y donde se les asigne un código que les permita mantener su anonimato.
- En el caso de costos de soluciones tecnológicas, trabajar con "intervalos de costos" en lugar de datos puntuales.
- Generar estructuras de costos en AyA, con base en presupuestos de proyectos ya ejecutados, que permitan estimar un costo preliminar de proyecto a partir de datos de costos directos.
- Valorar el uso de soluciones para estudios de mercado que ofrecen empresas especializadas en el país.
- Valorar la ejecución entrevistas para estudios de mercado en lugar de realizar solicitudes escritas de información.

- Declarar la información obtenida como de carácter confidencial.

- Valorar la posibilidad de confeccionar futuros catálogos técnicos para AyA, por medio de algún tipo de contratación a empresas consultoras de renombre. Esta modalidad de trabajo muy común para agencias internacionales como la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

Con ayuda de los temas planteados se podrá mejorar el control que se tiene en este tipo de estudios sobre aspectos esenciales, tales como: plazo de respuesta, grado de detalle, tasa de respuesta efectiva, interés de posibles oferentes, etc.

4. CONCLUSIONES

- La tecnología de tratamiento por membranas de ósmosis inversa no es idónea para el caso del acueducto de Bagaces.

- La tecnología de tratamiento por coagulación y filtración con membranas es viable para Bagaces, pero se ve limitada por un manejo de residuos peligrosos que puede representar un alto nivel de complejidad.

- Diversas alternativas de potabilización que combinan el uso de coagulación y filtración por membranas tienen un costo directo de inversión (sólo equipo básico) que se ubica entre $ 357,919 y $ 461,000. Existe una opción básica adicional cotizada por SAUBER (2020), pero que no se considera técnicamente robusta para las necesidades y capacidades de AyA.

- La alternativa de adsorción que es factible implementar, en caso de ser una planta nueva, tendría un costo de inversión superior a los $ 500,000.

- El plazo de ejecución probable para un proyecto de potabilización con las características citadas en este informe asciende a poco más de un año y un mes calendario. O lo que es lo mismo, 316 días hábiles.

5. RECOMENDACIONES

- Solicitar a las partes interesadas de la Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo (SAID), la revisión de los supuestos empleados para la confección del cronograma.
- Formular una estrategia institucional para la realización de estudios de mercado, de forma que motive a posibles oferentes a participar al mismo tiempo que AyA gana valor para la formulación de sus proyectos. De momento, existe una alta resistencia por parte del sector privado al aporte de información detallada que permita realizar procesos de selección tecnológica e incluso especificaciones técnicas para procesos de compra.
- Emplear la planta potabilizadora de Bebedero en Cañas en el acueducto Bagaces, en caso de que no se tenga oportunidad de considerar otras opciones que no estén relacionadas con tratamiento (acueducto San Bernardo). Por la naturaleza de lo que implica esta actividad (ingeniería básica para desmontaje, traslado y montaje), esto debe ser analizado por la Región Chorotega y la UEN Programación y Control.
- Realizar un taller por parte de SAID, que permita desglosar cronogramas típicos para proyectos que tienen que ver con potabilización o tratamiento de aguas residuales, de manera que se pueda fortalecer las capacidades del personal de diseño, de los tomadores de decisiones en ese campo y de las áreas que colaboran de forma indirecta en los procesos de formulación.

6. REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS

- Alvarado, A. *Propuesta Sistema móvil de remoción de arsénico, Acueductos y Alcantarillados CR (AyA)*. San José: SAUBER. (2020)
- Comisión Científica Origen Arsénico (CCOA). *Investigación geológica, hidrogeológica e hidrogeoquímica sobre el origen del arsénico en la zona de Cañas-Bagaces y alrededores*. Bagaces: Grupo de trabajo inter-institucional – AyA, UCR, SENARA, MINAE. (2014)
- Lazo, A. *Alternativas para reducción del impacto del sílice en el desempeño de las plantas potabilizadoras para remoción de arsénico de Bagaces, Guanacaste*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados: UEN Investigación y Desarrollo. (2019)
- Lazo, A. *Alternativas de potabilización para mejora de la calidad de agua en Bagaces*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados: UEN Investigación y Desarrollo. (2020)
- Ministerio de Salud (MINSA). *Reglamento para la calidad del agua potable*. San José: Gobierno de Costa Rica. (2015)
- Pennisi, N. *Water quality ranges*. Newark: Graver Technologies. (2015)
- Proyectos Turbina S.A. *Oferta Contratación Directa Autorizada # 2013CDA-00002-PRA*. San José: Proceso de contratación en el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2013)
- World Health Organization (WHO). *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum*. Geneva: World Health Organization. (2017).

7. CONTROL DE CAMBIOS

N° Versión	Justificación de los cambios	Descripción de los cambios

8. APÉNDICES

Apéndice A-1. Información solicitada para estudio de mercado

Estudio de mercado
Potabilización por medio de filtración con membranas

Objetivo general

Determinar las condiciones mínimas que se deben satisfacer para poder implementar una solución móvil de tratamiento (potabilización) para el casco central de Bagaces, Guanacaste.

Objetivos específicos

a) Determinar si una solución móvil de potabilización basada en filtración con membranas es viable para las fuentes de agua disponibles en Bagaces, Guanacaste.

b) Identificar cuál tipo de filtración con membranas es la recomendada por los actores del mercado, para la potabilización de las fuentes de agua disponibles en Bagaces, Guanacaste.

c) Establecer el costo de implementación de una solución móvil de potabilización para las fuentes de agua disponibles en Bagaces, Guanacaste.

d) Identificar las condiciones técnicas mínimas que se deben satisfacer para implementar este tipo de soluciones de potabilización.

e) Identificar las condiciones comerciales mínimas que se deben tener en cuenta para implementar este tipo de soluciones de potabilización.

f) Determinar el costo total y el plazo de ejecución aproximado para implementación de una solución móvil de potabilización en Bagaces, Guanacaste.

Condición base

Desde hace varios años se conoce que las fuentes de agua disponibles en las cercanías del casco central de Bagaces tienen una calidad que requiere atención. Es por ello que, en su momento, se formularon proyectos para atender las concentraciones de arsénico detectadas en la zona. Esto tomó en consideración elementos tales como:

- Desconexión de fuentes afectadas.

- Búsqueda de nuevas fuentes de agua, con condiciones de calidad adecuadas, aptas para ser conectadas con la infraestructura existente en el momento.

- Interconexión de acueductos que en algún momento fueron independientes.
- Dilución de fuentes con poca afectación.
- Construcción de plantas potabilizadoras.
- Construcción y ampliación de acueductos existentes para la búsqueda de nuevas fuentes (proyectos integrales).

Ahora bien, debido a los largos plazos de implementación que requieren los proyectos integrales, como el que ya está en desarrollo para Bagaces, actualmente se está en la búsqueda de alternativas para brindar sostenibilidad operativa al acueducto que abastece el casco central de Bagaces. La fuente principal es la "naciente Bagaces", la cual cuenta con una producción variable según la estación climática que se presente. En general, se han identificado más de diez fuentes, de las cuales las más viables para ser interconectadas al acueducto son:

a) Naciente Bagaces (**Fuente 1**).

b) Naciente El Chile (**Fuente 2**).

c) Campo de pozos Bagaces (**Fuente 3**).

d) Pozo Quintas don Miguel (**Fuente 4**).

Cada una de las fuentes en cuestión tiene las particularidades que se presentan en el Cuadro 1. Adicionalmente, se debe considerar que las últimas mediciones realizadas en la zona permiten indicar que la concentración de sílice (como SiO_2) en el agua se ubica entre 120 y 130 mg/L para la época de verano. El valor oscila un poco hacia abajo durante el invierno, pero la variación histórica es mínima.

Cuadro 1 Características de las fuentes identificadas para interconexión al acueducto Bagaces.

Alternativa	Caudal verano (L/s)	Caudal invierno (L/s)	Concentración promedio [As] (µg/L)	Concentración máxima [As] (µg/L)
Fuente 1	16	27	10	11
Fuente 2	20	**	9	**
Fuente 3	30*	30*	**	114
Fuente 4	5*	5*	41	66

* Varían las horas de operación en verano.
** Dato no se conoce.

Debido al monitoreo típico que establece el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, no se cuenta con información para parámetros como: SDI (índice de ensuciamiento), sólidos suspendidos, boro, estroncio y bario. Se espera poder medir alguno de estos parámetros en los próximos meses. Por ello, para el presente estudio se propone suponer los siguientes valores:

- SDI: 3
- B: 0.4 mg/L
- Sr: 0.05 mg/L
- Ba: 0.03 mg/L
- TOC: menor a 2 mg/L (referencia según valores determinados para otras fuentes similares).
- DBO / DQO: no hay información de referencia.
- Cloro libre: se puede asumir como que no existe, por tratarse de una propuesta de tratamiento de fuentes sin tratamiento previo.
- Carbonato y Bicarbonato: se puede estimar a partir de los datos de calidad suministrados.
- Recuento total aerobio: negativo (usualmente).

La suma de sólidos disueltos totales deberá ser calculada según establece el "*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*" en la sección "*Checking Correctness of Analyses*". En caso de utilizar una metodología alternativa, se deberá justificar la misma.

Condición operativa deseada

Se requiere validar si es posible contar con una solución móvil de potabilización, basada en filtración con membranas, que sea compatible con los siguientes tres escenarios de operación:

ESCENARIO 1 – Potabilización sólo de agua de la Fuente 1

En este caso, se quiere que la solución a cotizar permita producir aproximadamente 10 L/s de la Fuente 1 en verano, para luego mezclar esa agua con el caudal restante para esa época sin tratar (considerando el rechazo). La intención es poder obtener agua tratada con una concentración máxima de arsénico menor o igual a 1.5 µg As/L. Con estas condiciones se busca obtener el mayor caudal posible con una concentración que siempre sea menor o igual a 7 µg As/L.

Se entiende como factor de conversión o recuperación a la división entre el caudal producido y el alimentado.

La calidad de agua de la Fuente 1 se resume en el archivo adjunto: *Info LNA - Naciente Bagaces (Fuente 1).xls*

ESCENARIO 2 – Potabilización sólo de agua de la Fuente 2

En este caso, se quiere que la solución a cotizar permita producir aproximadamente 10 L/s de la Fuente 2 en verano y en invierno, para luego interconectar esa agua con el acueducto de Bagaces, el cual estaría alimentado por la Fuente 1 sin tratar. El exceso de agua de la Fuente 2 no sería incorporado al acueducto, aunque se debe maximizar el factor de conversión/recuperación. La intención es poder obtener agua tratada en la Fuente 2 con una concentración máxima de arsénico menor o igual a 1.5 μg As/L. Con estas condiciones sería posible obtener una calidad de agua mezclada con una concentración que siempre sea menor o igual a 8 μg As/L.

Se entiende como factor de conversión o recuperación a la división entre el caudal producido y el alimentado.

La calidad de agua de la Fuente 2 se resume en el archivo adjunto: *Info LNA – Naciente El Chile (Fuente 2).xls*

ESCENARIO 3 – Potabilización sólo de agua de la Fuente 4

En este caso, se quiere que la solución a cotizar permita producir aproximadamente 7 L/s de la Fuente 4 en invierno, para abastecer un sistema denominado Quintas don Miguel. La intención es poder obtener agua tratada en la Fuente 4 con una concentración máxima de arsénico menor o igual a 1.5 μg As/L.

Se entiende como factor de conversión o recuperación a la división entre el caudal producido y el alimentado.

La calidad de agua de la Fuente 4 se resume en el archivo adjunto: *Info LNA - Pozo Quintas (Fuente 4).xls*

Calidad de agua

La calidad del agua producida deberá satisfacer, al menos, las siguientes condiciones (*Voutchkov, 2013*):

- Calidades establecidas en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable
- Alcalinidad mayor o igual a 80 mg $CaCO_3$/L
- 3 < CCPP < 10 mg $CaCO_3$/L, donde CCPP: potencial de precipitación del carbonato de calcio

Se podrá proponer cualquier tipo de solución que contemple filtración con membranas (microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración u ósmosis inversa).

Condiciones técnicas

Se deberá indicar todo aquel aspecto técnico que AyA deberá satisfacer o deberá considerar para cada escenario operativo. Es importante recordar que se busca que una sola alternativa de tratamiento satisfaga los tres escenarios operativos planteados; es decir, no se trata de tres sistemas diferentes de potabilización. El detalle mínimo que deberá indicar la empresa colaboradora del estudio de mercado es:

1. Tipo de membrana (micro, ultra, nano, ósmosis).

2. Especificación técnica del tipo de membrana propuesta (marca, modelo y características).

3. Componentes generales, peso y dimensiones totales de la solución móvil propuesta; al menos: largo, ancho y altura total.

4. Calidad proyectada del agua producida (según simulación con software), contemplando las sustancias indicadas en los niveles N1, N2 y N3 del Reglamento para la Calidad del Agua Potable. (Para cada escenario).

5. Calidad proyectada del rechazo producido (según simulación con software) e indicación del potencial cumplimiento con la calidad de vertido de aguas residuales especificada en Costa Rica para cuerpos receptores (tabla 4 y 5 del Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales). (Para cada escenario).

6. Caudal mínimo que se debe tratar en cada escenario operativo para producir la cantidad de agua solicitada. (Para cada escenario).

7. Factor de conversión o recuperación: $Y = \frac{Q_p}{Q_f} \cdot 100$. (Para cada escenario).

8. Factor de concentración: $FC = \frac{1}{1-Y}$. (Para cada escenario).

9. Factor de rechazo: $R = \frac{C_f - C_p}{C_f} \cdot 100$ (Para cada escenario).

10. Cantidad de etapas y de pasos. (Para cada escenario).

11. Pretratamientos propuestos. (Para cada escenario).

12. Indicación de los insumos químicos requeridos para operación, con su respectivo consumo estimado en kilogramos por mes, suponiendo operación continua durante 18 horas y 30 días al mes. (Para cada escenario).

13. Indicadores para estimación del costo unitario operativo (para cada escenario):

    a. Potencia total instalada.

    b. Requerimiento de potencia en transformadores, para el funcionamiento oportuno.

    c. Consumo estimado mensual de energía eléctrica, suponiendo operación continua durante 18 horas y 30 días al mes.

    d. Consumo estimado mensual de cada producto químico, suponiendo operación continua durante 18 horas y 30 días al mes.

    e. Consumo estimado mensual o anual de cada producto químico para limpieza, suponiendo operación continua durante 18 horas y 30 días al mes.

    f. Costo de cambio periódico de membranas (suponiendo buena operación) y frecuencia para realizarlo.

14. Parámetros que se deben monitorear en agua cruda, agua tratada y rechazo, con su respectiva frecuencia de medición.

15. Requerimientos a satisfacer en caso de paradas, para mantener la mejor condición posible de los elementos cotizados:

    a. De 1 a 6 horas.
    b. 24 horas.
    c. Más de 24 horas.

16. Condiciones técnicas mínimas a satisfacer para un funcionamiento adecuado: presión, reservorio previo, reservorios para productos químicos, servicio eléctrico, obra civil, accesos, seguridad, agua de servicio, bodega, requerimientos para transporte, etc.

Condiciones comerciales

1. Costo total ofertado (puesto en Bagaces), incluyendo:

    a. Reservorios, equipos y accesorios para dosificación de productos químicos.

b. Capacitación para operadores de la Región Chorotega, durante al menos tres días, en Bagaces.
c. Acompañamiento presencial a puesta en marcha, durante al menos 10 días hábiles.
d. Garantía de buen funcionamiento, para al menos 2 años.
e. Una visita mensual (que dure al menos dos días hábiles) para verificación de la operación, una vez al mes durante el primer año de garantía.

2. Tiempo de entrega.

3. Disponibilidad de repuestos en Costa Rica (tiempo de entrega más común).

4. Nombre de la casa matriz fabricante.

5. Otros aspectos no indicados en este documento, pero de relevancia para el suministro de este tipo de soluciones.

9. ANEXOS

Anexo A-1. Oferta SAUBER (2020)

Propuesta Sistema Móvil de Remoción de arsénico, Acueductos y Alcantarillados CR (AyA)

Oferta Técnica y Propuesta Económica

SAUBER
Smart, Simple, Sustainable
Soluciones de Ingeniería EvoMech S.A.
info@thinkSAUBER.com
www.thinkSAUBER.com
+(506) 4000-0625

Mayo 2020

1. Perfil

- **Nombre comercial:** SOLUCIONES DE INGENIERÍA EVOMECH S.A. / DBA. SAUBER
- **Tipo de empresa:** Empresa privada – Sociedad anónima – Capital CR.
- **Número de registro** (Cédula jurídica): 3-101-635353
- **Año de inicio:** 2010
- **Teléfono:** (506) 4000-0625 **Fax:** (506) 2430-9025
- **Correo electrónico:** info@thinksauber.com
- **Dirección física:** Edificios 61 y 62, Complejo Industrial TERRUM, Alajuela, Costa Rica.
- **Código postal:** 20109

www.thinksauber.com

Sauber (Soluciones de Ingeniería EvoMech S.A.) es una empresa de servicios de ingeniería. Brinda soluciones a sus clientes a través de sus divisiones de: Sauber Water y Sauber Process Engineering.

Nuestro lema es:
Smart, Simple, Sustainable

Desde su fundación en el 2010, Sauber se ha posicionado cómo una empresa de alto valor agregado, su principal fortaleza es su capital humano, la sinergia de sus divisiones y el tipo de proyectos complejos en los que ha tenido oportunidad de colaborar con grandes compañías de forma exitosa.

Actualmente, Sauber cuenta con colaboradores de diversas ramas y especialidades, cómo ***Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Industrial, Biotecnología, Diseño Industrial, técnicos especialistas en Instalaciones Electromecánicas, Tratamiento de Aguas,***

Este documento es propiedad de SAUBER. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin el consentimiento previo y por escrito por parte de SAUBER

Administración Profesional de Proyectos, Gestión Energética, entre otros; que están a la disposición de sus clientes para acompañarles y apoyarles en sus proyectos.

Instalaciones

Sauber cuenta con dos edificios a 2 minutos del Aeropuerto Internacional Juan Santa María, dentro del complejo industrial Terrum, con seguridad las 24 horas, vehículos y camión propio, espacio de 400 m2 y 6 m de altura de bodegas y espacio de ensambles, laboratorio, así como todo el equipo y herramienta necesaria para la realización de nuestros proyectos de forma efectiva y segura.

Divisiones de Sauber

Sauber Water: Diseñamos, instalamos, operamos y mantenemos sistemas para aplicaciones industriales en el campo de tratamiento de aguas industriales, pre-tratamiento y acondicionamiento de aguas para el proceso, equipos de bombeo, equipamiento de desinfección y aguas residuales, agua ultra-pura, equipos de bombeo, entre otros.

Sauber Process Engineering: Ofrece diseño detallado de alto nivel en ingeniería de procesos. Capacidad de diseño mecánico, estructural mecánico, transferencia de calor, vibraciones, diseño químico y eléctrico detallado. Simulaciones por el método del elemento finito. Estudios conceptuales, investigación de causa raíz, planos detallados, secuencias de ensamble, administración de proyectos y gestión energética, supervisión del montaje, entre otros.

Este documento es propiedad de SAUBER. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin el consentimiento previo y por escrito por parte de SAUBER

Misión, Visión y Valores

Visión
Ser una empresa de proyección internacional distinguida por proveer a sus clientes de soluciones de ingeniería de alto valor agregado a través de una excelente gestión de la calidad en sus servicios, profundidad de sus competencias técnicas y atención a los detalles.

Misión
Proveer a nuestros clientes de valiosas herramientas para la toma de decisiones, generación de alternativas, mejora de sus diseños y optimización de sus productos a través de nuestros servicios de ingeniería de alto valor agregado y calidad.

Valores
Confidencialidad: en SAUBER protegemos la información de nuestros clientes y sus acuerdos de confiabilidad, cuidamos su propiedad intelectual y entendemos lo sensibilidad de la información para su ventaja competitiva.

Respuesta oportuna: SAUBER es *Smart, Simple, Sustainable*; brindamos respuesta oportuna, información transparente y precisa para una comunicación continua que brinde valor agregado a nuestros clientes.

Calidad: Para SAUBER es esencial comprender claramente la necesidad de nuestros clientes para proveer servicios de alta calidad, satisfacer sus expectativas y cultivar relaciones de largo plazo. En SAUBER, somos una empresa comprometida con nuestros objetivos de calidad y con la mejora continua de nuestro sistema de calidad.

2. Garantía y exclusiones

- Se garantizan todos los equipos de la instalación contra defectos de diseño, fabricación, materiales y funcionamiento durante doce meses contados a partir de la puesta en marcha de la instalación o quince meses desde la recepción, lo que ocurra primero.
- Se entregará a su vez un manual de mantenimiento y una carla de capacitación sobre el correcto uso del sistema al personal técnico del cliente.

En la presente oferta no quedan incluidas las siguientes partidas:

- Gastos ocasionados por permisos oficiales, licencias de obra, obras civiles, honorarios de proyecto, ni los que pudieran derivarse de la aceptación del presente presupuesto o de su posterior resolución.
- Bombas de suministro de agua cruda desde la fuente hasta el sistema. El cliente deberá suministrar agua cruda a un rango de presión de 60 a 150psi.
- Productos quimios de funcionamiento ni mantenimiento preventivo, así como repuestos o trabajos propios de mantenimientos correctivos producto del uso normal del sistema.

Este documento es propiedad de SAUBER. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin el consentimiento previo y por escrito por parte de SAUBER

3. Antecedentes, agua cruda

Según información suministrada por el mismo cliente, las fuentes de agua a tratar cuentan con la siguiente calidad de agua:

Cuadro 1. Valores máximos de principales parámetros suministrados para cada fuente

Parámetro/**Fuente**	1	2	4
Hierro, µg/l	107,9	NA	3184
As, µg/l	12,1	23,8	66
Sílice, ppm	125,2	127,4	150
Dureza T, ppm	68	34	70
SDI	3	3	3
Conductividad, uS/cm	199	149	321
pH	7,47	6,48	7,21

Los flujos de agua de las fuentes a tratar se muestran a continuación:

Cuadro 2. Flujos de agua deseados en cada escenario planteado por el cliente.

Escenario	Fuente	Flujo salida (producto)			
		l/s	m3/d	gpm	gpd
1	1	10	864	158,5	228269,5
2	2	10	864	158,5	228269,5
3	4	7	604,8	111,0	159788,6

La concentración máxima de arsénico de salida en todos los escenarios es de 1.5 µg/l, para lo cual se plantean tres opciones de tratamiento, todas instaladas dentro de contenedores móviles para facilitar su traslado y operación.

En importante aclarar que para efectos de la presente oferta todos los sistemas u opciones ofertadas están dimensionadas para entregar un flujo final igual o mayor a 10 l/s para poder cumplir con los tres escenarios solicitados.

4. Opción 1. Sistema de remoción de arsénico por oxidación y filtración avanzada.

Como ya es conocido una forma de remoción de arsénico en agua cruda es mediante la oxidación junto con el hierro presente en el agua, por lo cual se establece la opción de colocar filtros de oxidación avanzada que permitan remover los metales presentes, según se muestra a continuación:

Este documento es propiedad de SAUBER. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin el consentimiento previo y por escrito por parte de SAUBER

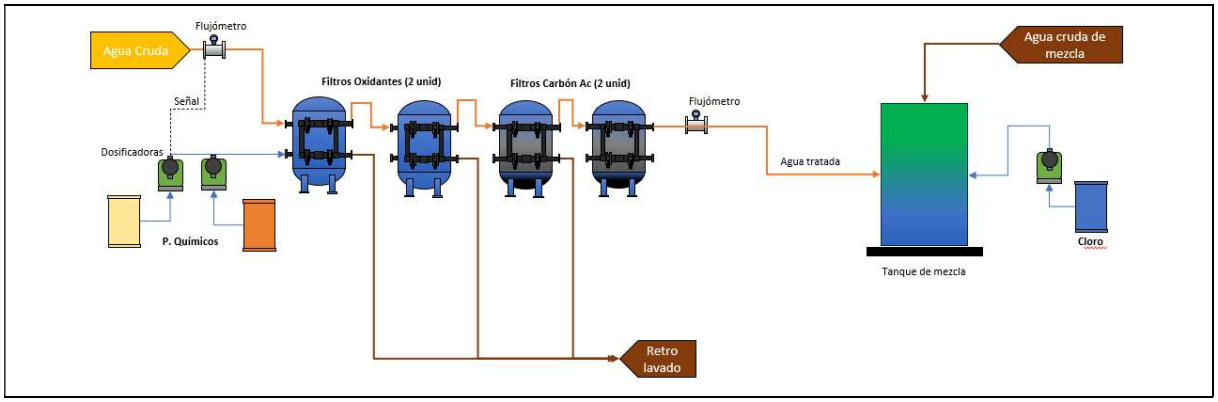


Figura 1. Proceso de oxidación y filtración avanzada para remoción de arsénico

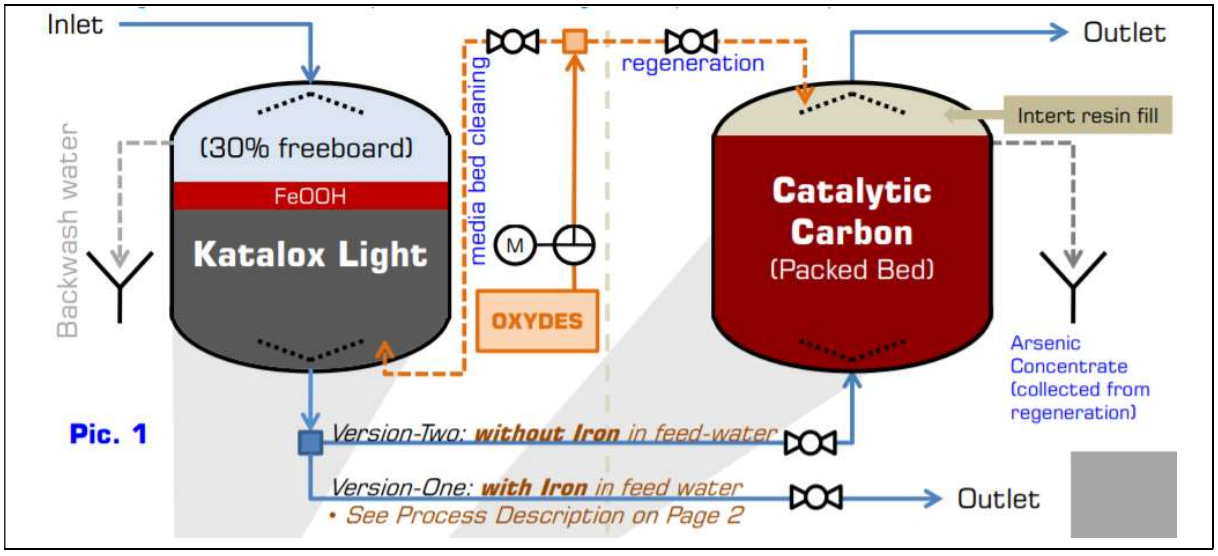


Figura 2. Detalle de proceso de oxidación y filtración avanzada para remoción de arsénico

Como puede verse en las figuras anteriores el sistema propuesto puede adaptarse a dos tipos de aguas con arsénico, aguas con y sin contenido de hierro, por lo que no se tendría problemas con la variación de calidad de agua cruda por presencia de hierro con arsénico.

Equipamiento recomendado.

- ✓ Medidor de flujo de entrada, 6pulg, 2 unidades
- ✓ Filtros multimedia con resina de oxidación avanzada, tamaño 48x72pulg
- ✓ Filtros de carbón catalítico, tamaño 48x72pulg
- ✓ Válvulas de operación manual, 3pulg
- ✓ Bombas dosificadoras de productos químicos (Grundfos seria DDA-6/10, 3 unidades)
- ✓ Sistema contenerizado con ensamble de filtros y sistema (12m largo, 2.2m ancho y 2.5m alto).

Este documento es propiedad de SAUBER. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin el consentimiento previo y por escrito por parte de SAUBER

Capacidad de remoción

Contaminantes	Capacidad
Solo Fe^{2+}	aprox. 85,000 mg/pie^3
Solo Mn^{2+}	aprox. 42,500 mg/pie^3
Solo H_2S	aprox. 14,000 mg/pie^3

Condiciones de operación

Parámetro		Especificación
pH de entrada		5.8 - 10.5
Francobordo		40 %
Profundidad mínima de la cama	US SI	29.5 pulgadas 75 cm
Profundidad óptima de la cama	US SI	47.0 pulgadas 120 cm
Velocidad servicio	US SI	4 - 8 gpm/pie^2 10 - 20 m/h
Velocidad retrolavado	US SI	10 - 12 gpm/pie^2 25 - 30 m/h
Tiempo retrolavado		10 - 15 min
Tiempo enjuague		2 - 3 min

Katalox Light (Primer etapa)

Especificaciones técnicas

Parámetro	Especificación
Apariencia	Granulado
Color	Negro rojizo
Material base	GAC impregnado con oxihidróxido de hierro
Dimensión de malla	SI 0.6 - 2.4 mm US 8 x 30
Superficie especifica	2,000 - 2,500 m^2/g (BET)
Contenido de humedad	< 5%
Dureza (ball-pan)	>98%
Densidad aparente	SI 630 - 640 kg/m^3 US 39.33 - 39.95 lb/ft^3
pH	9.5
Tiempo de vida	aprox. 2 - 5 años*

* Considerando la carga de contaminantes y la frecuencia de regeneraciones.
Catalytic Carbon® puede ser regenerado con Oxydes o Oxydes-P dependiendo del tipo de contaminante a remover.

Carbón catalítico (Segunda etapa)

Figura 3. Detalle de medios filtrantes para oxidación avanzada propuestos por SAUBER

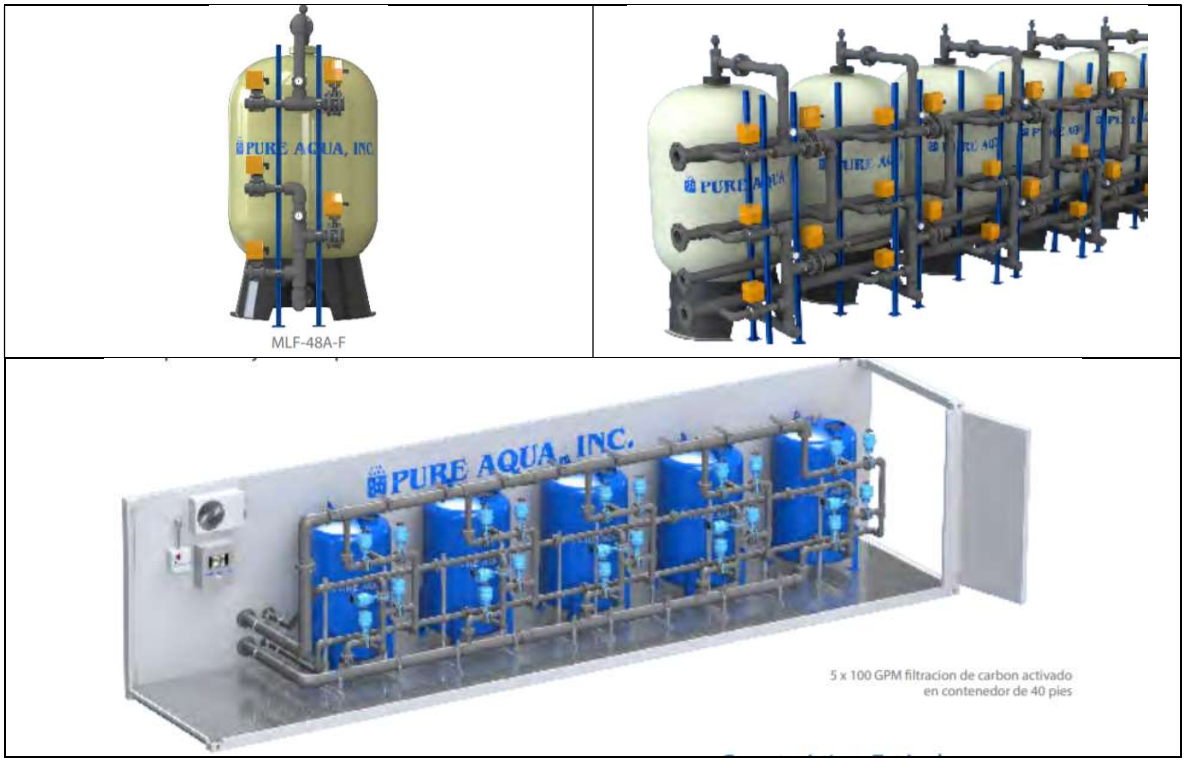


Figura 4. Detalle de sistema contenerizado con filtros de oxidación avanzada propuesto por SAUBER

Este documento es propiedad de SAUBER. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin el consentimiento previo y por escrito por parte de SAUBER

5. Opción 2. Sistema de oxidación y filtración seguido de separación por membranas de ultrafiltración

Nuestra segunda opción consiste en combinar el sistema de filtración y oxidación forzada con separación por medio de membranas de ultrafiltración según se aprecia a continuación:

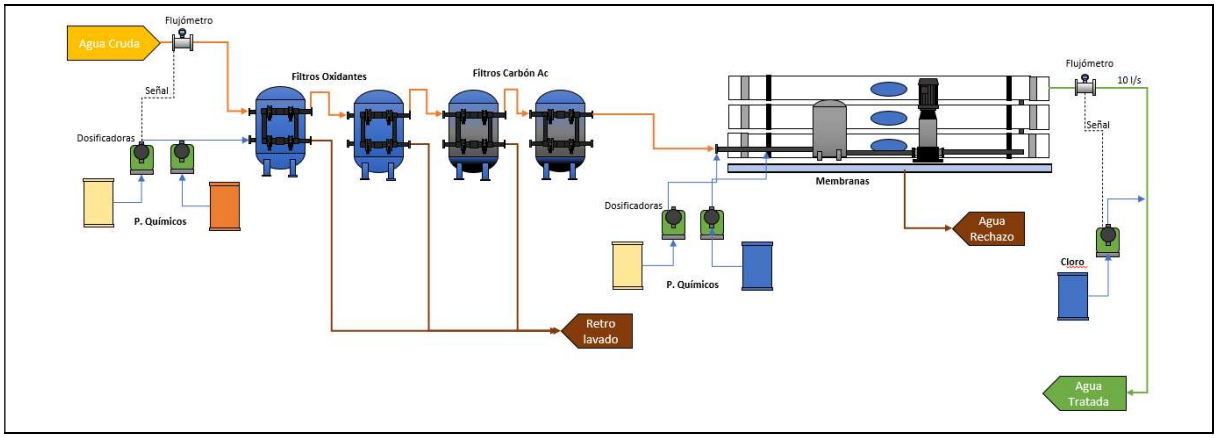


Figura 5. Diagrama de flujo del sistema de filtración y oxidación combinado con membranas de ultrafiltración.

Como es de esperar el medio filtrante a utilizar es el mismo de la opción uno detallado en la figura 3, filtros que también tendrán la función de pretratar las aguas crudas antes de que están lleguen a las membranas del sistema de ultrafiltración.

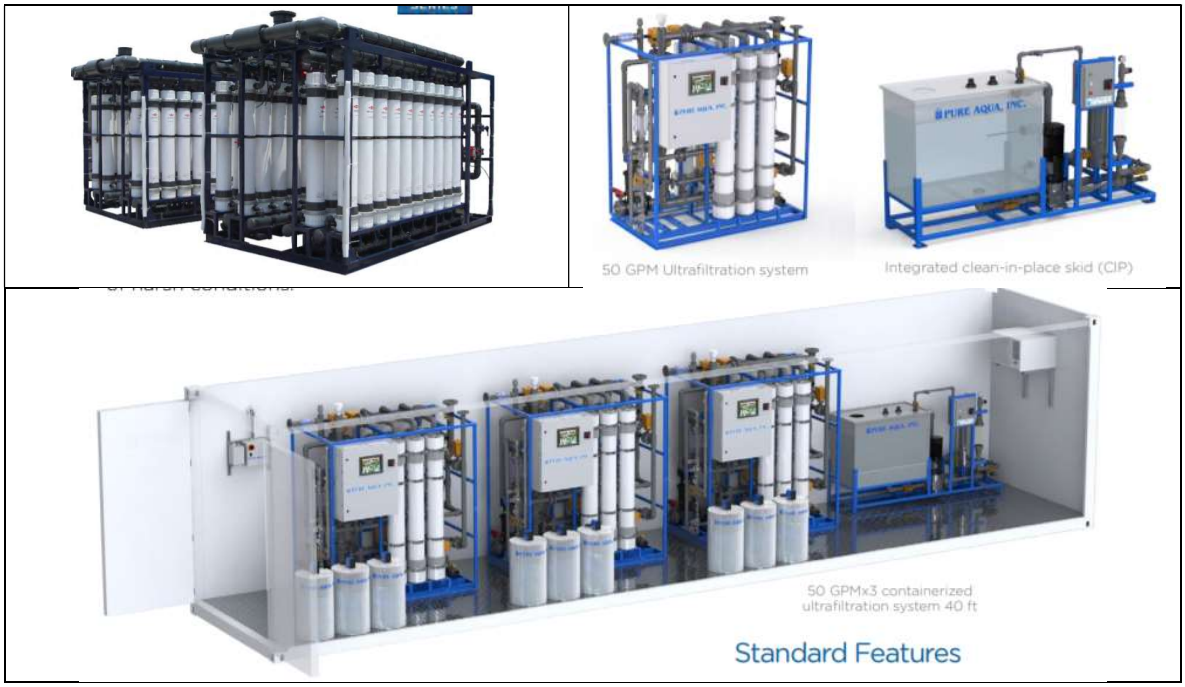


Figura 6. Detalle de equipo de ultrafiltración marca Pureaqua, USA, 960 m3/d.

Este documento es propiedad de SAUBER. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin el consentimiento previo y por escrito por parte de SAUBER

Dado el tamaño de las unidades de filtración y membranas de ultrafiltración, se requieren dos contenedores por separado, uno para cada parte del sistema.

3 x 50 GPM containerized ultrafiltration system in one 40 ft container

Weights and Dimensions

Container Size	Non Insulated Container			Insulated Container	
	10 ft	20 ft	40 ft	20 ft	40 ft
External length (in.)	114	236	472	236	472
External width (in.)	94	94	94	94	94
External height (in.)	98	98	98	98	98
Internal length (in.)	110	228	472	216	452
Internal width (in.)	90	90	90	87	87
Internal height (in.)	101	101	101	98	98
Tare weight (lbs.)	3,200	4,800	7,300	6,500	9,400
Max gross weight tons	20	24	30	24	30
Access	1 double-door				

Figura 7. Detalle de contenedor de sistema de ultrafiltración marca Pureaqua, modelo UF-10

6. Opción 3. Sistema de oxidación y filtración seguido de separación por membranas de osmosis inversa

Como tercer opción SAUBER propone la combinación del sistema de filtración y oxidación avanzada con membranas de osmosis inversa, el cual a diferencia de las membranas de ultrafiltración , permitiría eliminar mayor cantidad de contaminantes en el agua y no solo arsénico o hierro, lo cual resulta muy importante dado que al tener un sistema móvil las condiciones del agua cruda a utilizar no siempre serán las mismas a lo largo del país, por ello el AyA tendría un sistema más robusto de purificación de agua blindado contra diferentes tipos de contaminantes.

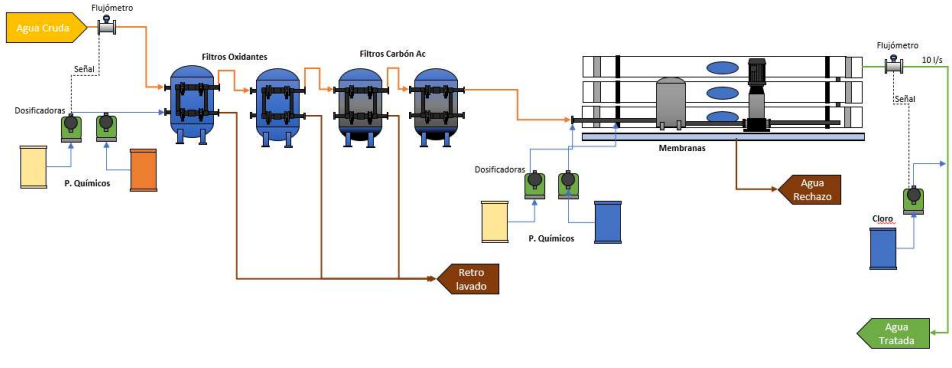
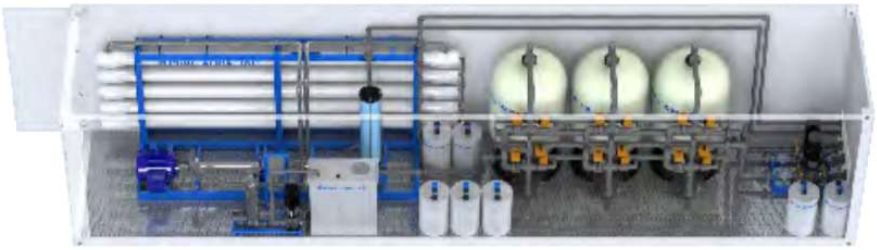


Figura 8. Diagrama de flujo básico de filtración combinado con membranas de osmosis inversa

Este documento es propiedad de SAUBER. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin el consentimiento previo y por escrito por parte de SAUBER

Otra ventaja de este sistema es que tanto las unidades de filtración como el sistema de osmosis inversa se pueden colocar en un solo contenedor, lo que facilita su traslado de un punto a otro.



Osmosis inversa para agua de mar en contenedor

Pesos y Dimensiones

Container Specification	Non Insulated Container			Insulated Container	
	10ft	20ft	40ft	20ft	40ft
External length (in)	120	240	480	240	480
External width (in)	96	96	96	96	96
External height (in)	102	102	114	102	114
Internal length (in)	111	233	474	229	470
Internal width (in)	92	92	92	88	88
Internal height (in)	93	95	104	91	100
Tare weight (lbs)	3,200	4,800	7,300	6,500	9,400
Max shipping weight (lbs)	22,400	40,000	45,000	40,000	45,000
Access	1 double-door				

Figura 9. Detalle de sistema contenerizado de filtración y membranas de osmosis inversa

El sistema de osmosis inversa modelo TW-270K-8580 tiene una capacidad de 260 000 gpd (11.4 l/s) de flujo de permeado, cuenta con una bomba principal de 40 HP de 60Hz, 460vol, 3F

El cliente deberá entregar un flujo de agua de alimentación mínimo de 17 l/s a una presión mínima de 30psi a la entrada del sistema de osmosis inversa, o de 50psi a la entrada de las unidades de filtración y oxidación. El sistema de osmosis inversa no podrá recibir agua con un índice SDI mayor a 3.

Calidad del agua producto esperado para el sistema propuesto (oxidación avanzada y osmosis):

Escenario	Agua Cruda		Producto (Permeado)				
	Fuente	As, µg/l	As, µg/l	l/s	m3/d	gpm	% Recup
1	1	11	0,11	11,4	984,96	180,7	70-75%
2	2	9	0,09	11,4	984,96	180,7	70-75%
3	4	66	0,66	11,4	984,96	180,7	70-75%

Este documento es propiedad de SAUBER. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin el consentimiento previo y por escrito por parte de SAUBER

7. Oferta Económica

A continuación, el resumen de los costos relacionados a cada una de las tres opciones propuestas.

Cuadro 1. Resumen de costos de opción 1, sistema de filtración y oxidación avanzada.

Línea	Rubro	Marca	Cantidad	Costo $
1	Filtros de oxidación avanzada con Katalox L, tamaño 42x72pulg, 32ft3 c/u, válvulas manuales de 3pulg	PUREAQUA	2	151 259,4
2	Filtros de carbón catalítico de 40ft3 c/u tamaño 48x72pulg, válvulas manuales de 3pulg	PUREAQUA	2	
3	Medio filtrante Katalox L para oxidación avanzada, sacos de 1ft3	WW	90	
4	carbón catalítico para oxidación avanzada, sacos de 1ft3	WW	70	
5	Sistema contenerizado con equipos ensamblados	PUREAQUA	1	
6	Medidor de flujo de 6pulg modelo IMAG4700	SEAMETRICS	2	
7	Bomba dosificadora de químicos	Grundfos	4	
8			IVA	22 688,9
9			Total US $	173 948,3

Cuadro 2. Resumen de costos de opción 2, sistema de filtración y oxidación avanzada con ultrafiltración.

Línea	Rubro	Marca	Cantidad	Costo $
1	Filtros de oxidación avanzada con Katalox L, tamaño 42x72pulg, 32ft3 c/u	PUREAQUA	2	151454,36
2	Filtros de carbón catalítico de 40ft3 c/u tamaño 48x72pulg	PUREAQUA	2	
3	Sistema contenerizado de filtración	PUREAQUA	1	
4	Medio filtrante Katalox L para oxidación avanzada, sacos de 1ft3	WW	90	
5	carbón catalítico para oxidación avanzada, sacos de 1ft3	WW	70	
6	Medidor de flujo de 6pulg modelo IMAG4700	SEAMETRICS	2	
7	Bomba dosificadora de químicos	Grundfos	2	
8	Sistema de ultrafiltración con equipo CIP y bombas dosificadoras	PUREAQUA	1	256330
9	Sistema contenerizado para equipos de ultrafiltración UF-10	PUREAQUA	1	
10			Subtotal $	407 784,36
11			IVA	53 012,0
12			Total $	460 796,3

Este documento es propiedad de SAUBER. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin el consentimiento previo y por escrito por parte de SAUBER

Cuadro 3. Resumen de costos de opción 2, sistema de filtración y oxidación avanzada con osmosis inversa, RO.

Linea	Rubro	Marca	Cantidad	Costo $
1	Filtros de oxidación avanzada con Katalox L, tamaño 42x72pulg, 32ft3 c/u	PUREAQUA	2	151454,36
2	Filtros de carbón catalítico de 40ft3 c/u tamaño 48x72pulg	PUREAQUA	2	
3	Sistema contenerizado de filtración	PUREAQUA	1	
4	Medio filtrante Katalox L para oxidación avanzada, sacos de 1ft3	WW	90	
5	carbón catalítico para oxidación avanzada, sacos de 1ft3	WW	70	
6	Medidor de flujo de 6pulg modelo IMAG4700	SEAMETRICS	2	
7	Bomba dosificadora de químicos	Grundfos	2	
8	Sistema de osmosis inversa modelo TW-270K-8580 con capacidad de producción de 11,4l/s de producto, incluye equipo CIP y bombas dosificadoras	PUREAQUA	1	165 288.0
9			Subtotal $	316 742,36
10			IVA	41 176,5
11			Total $	357 918,9

Cuadro 4. Estimación de consumo de químicos en sistema de osmosis inversa para operación 24/7 a un flujo de producto de 11.4 l/s (29 549 m3/mes).

Línea	Rubro	Dosis, ppm	kg/d	$/d	$/mes
1	Producto químico antiincrustante	5	4,9	28,0	839,2
2	Producto químico preservante de membranas	3	3,0	10,1	302,1
3	Productos químicos de limpieza alcalina y acida trimestrales				108,4
4				Subtotal $	1249,7
5				IVA	162,5
6				Total $/mes	1412,1

Nota: Productos químicos apropiados para uso en sistemas de agua potable y osmosis inversa de compra local.

Este documento es propiedad de SAUBER. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin el consentimiento previo y por escrito por parte de SAUBER

Cuadro 5. Resumen de servicios de capacitacion y asesoria sobre el uso de los sistemas propuestos (aplica en las tres opciones)

Linea	Rubro	Costo, $
1	Servicio de asesoría y capacitación del personal de planta sobre uso de equipos	3714,7
2	Proceso de arranque y estabilización del sistema con personal SAUBER 2 semanas en sitio.	
3	Reporte final de asesoría, capacitación y arranque	
4	IVA, $	482,9
5	Total, servicio US $	4197,6

8. Condiciones comerciales

IMPUESTOS	:	Aplica impuesto de valor agregado, IVA
LUGAR DE ENTREGA	:	Bagaces, Guanacaste
TERMINOS DE PAGO	:	Pagos parciales
TIEMPOS DE ENTREGA	:	14-18 semanas a partir del adelanto inicial
FACTURACIÓN	:	Se realizarán facturaciones parciales equivalentes a las condiciones de pago
VIGENCIA DE LA OFERTA	:	60 días naturales

9. Condiciones de pago

- 50% con su orden de compra
- 20% contra documentos de embarque a puerto
- 20% contra entrega en sus instalaciones de CR
- 10% contra pruebas de arranque y capacitación de su personal
- Precios en US $, moneda en curso en EEUU.

SAUBER
Smart, Simple, Sustainable
Soluciones de Ingeniería EvoMech S.A.
info@thinkSAUBER.com
www.thinkSAUBER.com
+(506) 4000-0625

Este documento es propiedad de SAUBER. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin el consentimiento previo y por escrito por parte de SAUBER