



INSTITUTO COSTARRICENSE DE  
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

# **Alternativas de potabilización para mejora de la calidad del pozo 2 en Colorado, Abangares**

Fecha de entrega: 08 de mayo de 2020

CONSECUTIVO DEL DOCUMENTO: **BPI2020-AT6-II-IA-6**

VERSIÓN 01.



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](mailto:gerenciageneral@aya.go.cr) N° Teléfono: 2242-5090



Firma: \_\_\_\_\_

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

	<b>Informe técnico</b>			Página 2 de 38
<b>Macroproceso:</b> Gestión Técnica	<b>Proceso:</b> Investigación y Desarrollo	<b>Subproceso:</b> Investigación Aplicada	<b>Fecha de entrega:</b> 08 de mayo de 2020	<b>Nº de Versión:</b> 01
<b>Elaborado por:</b> Laura Hernández	<b>Revisado por:</b> Andrés Lazo Páez	<b>Aprobado por:</b> German Mora Rodríguez	<b>Fecha de aprobación:</b> 07/08/19	

## TABLA DE APROBACIONES DEL REGISTRO

Elaborado y revisado por:

**ANDRES  
LAZO PAEZ  
(FIRMA)**

 Firmado digitalmente por ANDRES LAZO PAEZ (FIRMA)  
 Fecha: 2020.05.08  
 12:03:48 -06'00'

**Andrés Lazo Páez**

Aprobado por:

**GERMAN  
GUSTAVO  
MORA  
RODRIGUEZ  
(FIRMA)**

 Firmado digitalmente por GERMAN GUSTAVO MORA RODRIGUEZ (FIRMA)  
 Fecha: 2020.05.08  
 12:07:35 -06'00'

**German Mora Rodríguez**

	<b>Informe Técnico</b>		Página 3 de 38
	Fecha de entrega: 08 de mayo de 2020		N° de Versión: 01

## RESUMEN EJECUTIVO

La atención a la calidad del agua conlleva la determinación de la concentración de sustancias disueltas y suspendidas. En el caso del hierro y el manganeso se trata de sustancias disueltas que, al menos en Costa Rica, son muy comunes en aguas subterráneas. En el caso de Costa Rica, ambos metales tienen origen en los minerales que componen la corteza terrestre. En el país se han reportado valores de hasta varios cientos de miligramos por litro; aún bajo esta condición, la situación no se considera tan extrema como en otras latitudes donde los valores alcanzan magnitudes mayores.

Estos elementos químicos han sido detectados en fuentes de diversas zonas geográficas, particularmente la Región Huetar Caribe, Región Huetar Norte y la Región Brunca. No obstante, esta afectación no es exclusiva de estas ubicaciones. En el caso de Colorado de Abangares se encuentran concentraciones promedio de hierro entre 28 y 500  $\mu\text{g/L}$ , mientras que el ámbito para manganeso se ubica entre 52 y 708  $\mu\text{g/L}$ . Esto tiene consecuencias directas sobre la potabilidad del agua y sobre la apariencia del líquido bajo condiciones oxidantes.

El comportamiento de la concentración de los metales en cuestión 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 contribuye a la búsqueda de soluciones para la afectación. Debido a que otras áreas funcionales del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados tienen a cargo el análisis y solución integral de esta problemática en Colorado de Abangares, el análisis planteado por este medio sólo contempla, a solicitud de la Presidencia Ejecutiva y de la Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo, alternativas para mejora de la calidad de agua del pozo 2 (N° 03-23).

Se determinó que, preliminarmente, es posible aplicar la filtración catalítica bajo diferentes esquemas, tales como: uso de componentes de otros sistemas y adquisición de nueva tecnología. A partir de la información técnica recopilada se establecieron

	<b>Informe Técnico</b>		<b>Página 4 de 38</b>
	<b>Fecha de entrega:</b> 08 de mayo de 2020	<b>N° de Versión:</b> 01	

aspectos tales como: costos de inversión preliminares, costos de operación y mantenimiento, ventajas y desventajas de la implementación de cada alternativa. Esto sirve como insumo al trabajo de la Subgerencia de Gestión de Sistemas Periféricos.



## TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Antecedentes.....	8
1.2. Justificación .....	9
1.3. Objetivos.....	9
1.3.1. Objetivo General.....	9
1.3.2. Objetivos específicos .....	9
1.4. Alcance.....	10
1.5. Limitaciones.....	10
2. METODOLOGÍA .....	10
2.1. Marco metodológico.....	10
2.2. Conformación del equipo .....	11
2.3. Actividades realizadas .....	11
3. RESULTADOS.....	11
3.1. Componentes mínimos de un sistema para remoción de manganeso presente en agua 11	
3.2. Costo preliminar de inversión para tratamiento del pozo N° 03-23.....	15
3.2.1. Escenario A: Bebedero con dos etapas de filtración y datos comerciales con una sola etapa de filtración .....	17
3.2.2. Escenario B: Bebedero y datos comerciales con dos etapas de filtración .....	19
3.2.3. Valoración preliminar como proyecto .....	20
3.2.4. Recomendación técnica para potabilización .....	22
3.3. Costo preliminar de operación para tratamiento del pozo N° 03-23 .....	25
3.4. Consideraciones adicionales para la implementación de un proyecto de potabilización provisional .....	26
3.4.1. Ruta A.....	27
3.4.2. Ruta B.....	29
4. CONCLUSIONES .....	30
5. RECOMENDACIONES .....	30
6. REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS.....	32



7. CONTROL DE CAMBIOS .....	33
8. APÉNDICES .....	34
9. ANEXOS.....	38

## TABLA DE CUADROS

Cuadro 1 Parámetros más representativos de calidad de agua en el pozo N° 03-23 ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 2 Estimación preliminar de costos parciales para tratamiento de agua en el pozo N° 03-23 **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 3 Estimación preliminar de costos parciales para tratamiento de agua en el pozo N° 03-23, considerando filtración en dos etapas ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 4 Estimación preliminar del costo directo de proyecto para tratamiento de agua en el pozo N° 03-23, con una sola etapa de filtración ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 5 Estimación preliminar del costo directo de proyecto para tratamiento de agua en el pozo N° 03-23, con dos etapas de filtración ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 6 Costo mensual de operación propuesto por SAUBER (2020)..... **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro A-1 Características sanitarias del dimensionamiento para el pozo N° 03-23, según los datos originales de las ofertas..... **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro A-2 Características sanitarias del dimensionamiento para el pozo N° 03-23, para el manejo de lodos, según los datos originales de las ofertas..... **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro A-3 Características sanitarias del dimensionamiento para el pozo N° 03-23, aplicando la modificación propuesta en la Figura 3..... **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro A-4 Características sanitarias del dimensionamiento para el pozo N° 03-23, para el manejo de lodos, aplicando la modificación propuesta en la Figura 3 ..... **¡Error! Marcador no definido.**

	<b>Informe Técnico</b>		Página 7 de 38
	Fecha de entrega: 08 de mayo de 2020		<b>N° de Versión: 01</b>

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Comportamiento de la concentración de manganeso en el agua del pozo 2 (N° 03-23)	
14	
Figura 2 Componentes principales para remoción de manganeso en agua .....	15
Figura 3 Configuración modificada considerada para el análisis .....	17
Figura 4 Configuración modificada considerada para el análisis .....	23



## 1. INTRODUCCIÓN

El pozo bajo análisis corresponde al pozo 2 (N° 03-23) del acueducto de Colorado de Abangares. Según indicación de la Presidencia Ejecutiva y de la Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo, se requiere proponer una solución temporal de tratamiento que permita potabilizar aproximadamente 6 L/s. 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 29 de abril del 2020, el Subgerente de Ambiente, Investigación y Desarrollo Gestión de Sistemas Periféricos solicita (vía telefónica) apoyo a la UEN Investigación y Desarrollo, para determinar el costo de las soluciones anteriormente indicadas. Esta solicitud es reforzada el día 30 de abril del 2020 por parte de la Presidencia Ejecutiva (también vía telefónica). La intención es poder emplear el líquido tratado para consumo humano. La solicitud de asesoría técnica se formaliza desde el día 29 de abril.

### 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. En el caso de Colorado de Abangares, ya se cuenta con un proyecto integral debidamente formulado, el cual está iniciando trámites para su ejecución en la UEN Administración de Proyectos. Esta solución considera componentes tales como:

- a) Limpieza, desarrollo, y prueba de bombeo de pozos 1 y 2 (N° AG-93 y 03-23).
- b) Diseño final, elaboración de planos constructivos, presupuesto detallado, suministro, instalación, construcción, puesta en marcha y transferencia tecnológica para el sistema de potabilización y bombeo en el terreno del pozo 2 (N° 03-23) y obras conexas.
- c) Construcción de obras electromecánicas en el pozo 3 (N° 17-16).

	<b>Informe Técnico</b>		Página 9 de 38
	Fecha de entrega: 08 de mayo de 2020	N° de Versión: 01	

Las obras citadas del proyecto integral conllevan un horizonte de ejecución que podría llegar incluso a ser cercano a dos años. De momento, ante algunos fallos que se han presentado en el pozo 1, se hace necesario estudiar opciones de abastecimiento con carácter de urgencia. De los tres pozos existentes en Colorado, el único que se encuentra armado y electrificado al día de hoy es el 2 (N° 03-23, denominación SENARA).

## **1.2. Justificación**

El presente informe responde a la solicitud de asesoría técnica denominada: 2020-GTE-106-02-F1-07.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Establecer posibles costos preliminares y otros requerimientos complementarios para implementar filtración catalítica para el tratamiento del agua del pozo 2 (N° 03-23) de Colorado de Abangares, cuya concentración de manganeso supera el valor máximo admisible indicado por el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- a) Establecer los componentes mínimos de un sistema para remoción de manganeso presente en agua.
- b) Estimar los costos directos aproximados de inversión para un esquema de tratamiento provisional en el pozo N° 03-23, considerando elementos existentes en la Región Chorotega y elementos nuevos.
- c) Estimar los costos directos aproximados de operación para los esquemas de tratamiento provisional.
- d) Indicar consideraciones adicionales para la implementación de un proyecto de potabilización provisional.

	<b>Informe Técnico</b>		Página <b>10</b> de <b>38</b>
	Fecha de entrega: 08 de mayo de 2020	N° de Versión: 01	

#### **1.4. Alcance**

Este documento corresponde a un análisis preliminar de componentes y costos asociados a la implementación eventual de filtración catalítica en Colorado de Abangares (pozo N° 03-23). Se trata de un resultado preliminar, con base en: bibliografía, experiencia acumulada por la UEN Investigación y Desarrollo (UEN ID) y datos comerciales. No se consideran ensayos con prototipos o formulación definitiva de alternativas, que pudieran ofrecer un resultado más detallado.

#### **1.5. Limitaciones**

La principal limitación para el desarrollo del producto documental es que no se cuenta con información alguna respecto al terreno disponible, y las obras conexas que se deben desarrollar para implementar el sistema de potabilización. Es decir, este informe solamente considera criterios sanitarios y no constituye un diseño final ni una especificación técnica completa para términos de referencia que permitan implementar el proyecto de potabilización que se desea para el pozo N° 03-23, en Colorado.

Otra limitación está asociada al plazo para el que se le solicitó a la UEN ID, la preparación de esta propuesta, para la cual sólo se contó con la información comercial aportada por dos empresas. Adicionalmente, el plazo otorgado no permitió realizar estimaciones detalladas con optimización de procesos y operaciones unitarias. Hubiese sido adecuado, realizar una gira técnica para conocer proyectos públicos y privados para remoción de hierro y manganeso, con el fin de uniformar conocimientos y darle valor agregado a este planteamiento y a la toma de decisiones de la Administración Superior. Este último aspecto se abordará en las recomendaciones.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Marco metodológico**

El estudio se basa en bibliografía especializada, la cual establece todo lo relacionado con la implementación de filtración catalítica para tratamiento de aguas con manganeso.

	<b>Informe Técnico</b>		Página 11 de 38
	Fecha de entrega: 08 de mayo de 2020	N° de Versión: 01	

Posteriormente, se utiliza conocimiento adquirido por la UEN ID y datos comerciales preliminares para generar los insumos de costos requeridos por la Administración Superior.

## **2.2. Conformación del equipo**

Únicamente participa personal del área funcional Investigación Aplicada en conjunto con la Dirección de la UEN Investigación y Desarrollo.

## **2.3. Actividades realizadas**

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

## **3. RESULTADOS**

### **3.1. Componentes mínimos de un sistema para remoción de manganeso presente en agua**

Luego de revisar la información relacionada con el pozo N° 03-23 de Colorado de Abangares, se establecieron algunos parámetros básicos para realizar el análisis solicitado:

- El caudal por tratar de la fuente afectada es: 6 L/s. (según referencia de la Dirección Regional Chorotega).
- Se busca cumplimiento sostenido de una concentración máxima de 50 µg Mn/L, por debajo del valor máximo admisible.
- Se consideran sólo los costos directos en las propuestas analizadas según la información documentada en las ofertas recibidas y de información recolectada de proyectos anteriores de AyA.



- Se supone que la calidad de agua del pozo será igual a la documentada, una vez que se vuelva a poner en funcionamiento, sin variaciones por criterio de caudal de explotación.
- Se toma en cuenta solamente filtración catalítica y se incluyen opciones para el manejo de retrolavados.
- Se incluyen algunos criterios para operación y mantenimiento, según criterio de la UEN ID.
- No se consideran obras conexas importantes, tales como: terreno disponible, servidumbres, accesos, servicio eléctrico, colindancias, mejoras en el sitio de planta, disposición de un cuerpo receptor cercano, interconexión a obras existentes, interconexión a obras futuras, entre otros.
- No se consideran ensayos experimentales para verificar posibilidades de optimización de procesos.
- No se incluyen criterios de análisis económico, social o del entorno para la selección de alternativas, propias de un análisis de factibilidad.
- No se consideran mejoras propias de la optimización del funcionamiento del sistema existente, lo cual corresponde a la SGSP.

En el caso del pozo N° 03-23, los parámetros de calidad de agua a los cuales se debe poner mayor grado de atención son los que se presentan en el cuadro 1. Según la información tabulada, a pesar de que se sobrepasa el valor alerta de conductividad, esto no constituye un incumplimiento. Los cloruros se ubican incluso bajo 6 mg/L. Preliminarmente, no hay indicios de que intrusión de agua de mar en esta zona geográfica.

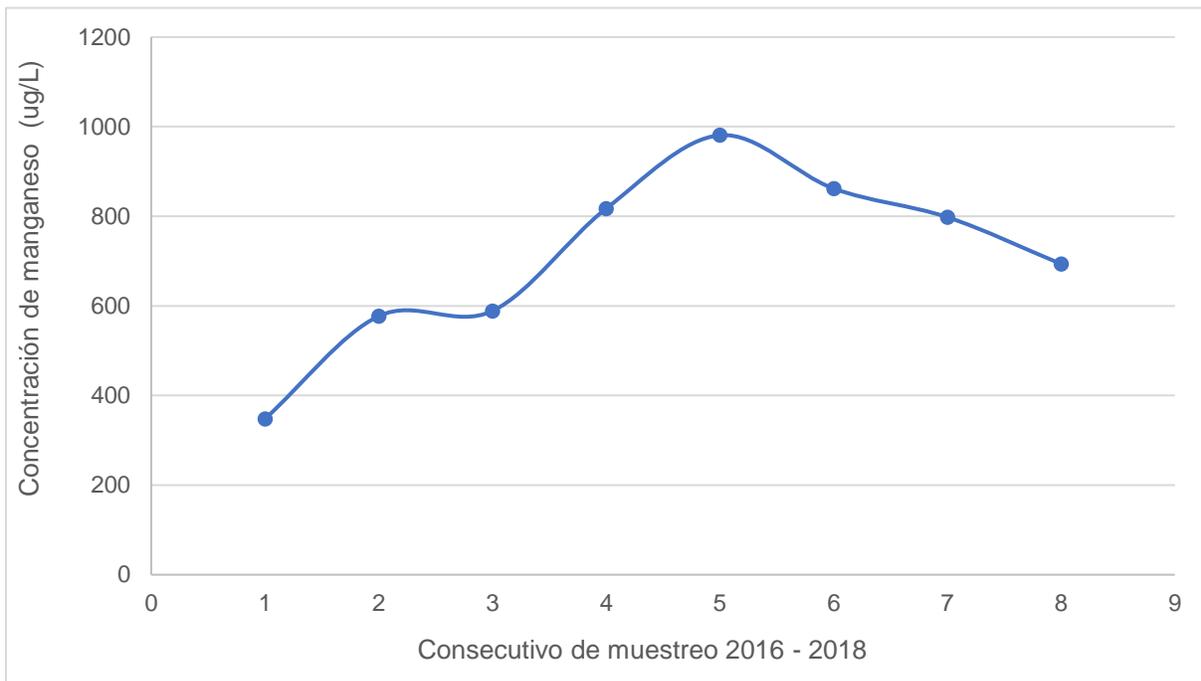
**Cuadro 1 Parámetros más representativos de calidad de agua en el pozo N° 03-23**

Parámetro	Valor alerta	Valor máximo admisible	Concentración promedio	Concentración máxima
Calcio (mg/L)	-	100	59	61
Conductividad (µS/cm)	400	-	434	533
Dureza total (mg/L)	300	400	228	234
Hierro (µg/L)	-	300	46	108
Manganeso (µg/L)	100	500	708	981
Nitratos (mg/L)	25	50	ND	ND
Sodio (mg/L)	25	200	29	33
Sulfatos (mg/L)	25	250	5	7
Turbiedad (UNT)	1	5	2	4

*Referencia: Elaboración propia con datos aportados por el LNA.*

La turbiedad probablemente tenga alguna relación con la oxidación progresiva del hierro y el manganeso. Por lo tanto, es de esperar que el tratamiento del hierro y el manganeso pueda mitigar la turbiedad. Solamente se presenta un incumplimiento del manganeso en el agua, lo cual constituye el objetivo de tratamiento en cuestión. Además, es importante considerar que los tres valores más altos documentados se presentaron al momento de operar el pozo de manera continua por un intervalo de 72 horas. Por lo tanto, el diseño eventual debe considerar valores promedio de concentración u otros con mayor magnitud.

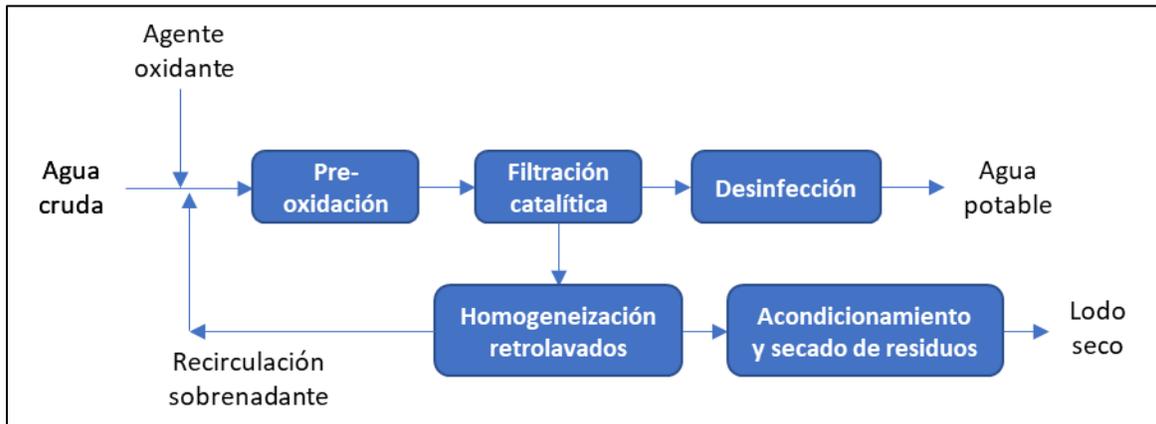
**Figura 1 Comportamiento de la concentración de manganeso en el agua del pozo 2 (N° 03-23)**



*Referencia: elaboración propia*

Para la remoción del manganeso presente en agua por medio de filtración catalítica, se recomienda seguir un esquema similar al que se presenta en la Figura 2. En términos generales, se debe oxidar el metal a remover con el fin de convertirlo a una forma insoluble, para posteriormente poder eliminarlo por medio de una barrera física, como es el caso de los filtros. Adicionalmente, se deben gestionar adecuadamente los retrolavados del sistema para asegurar un proceso con bajas pérdidas de agua y con un adecuado desempeño desde el punto de vista de vertidos.

**Figura 2 Componentes principales para remoción de manganeso en agua**



*Referencia: Elaboración propia*

A pesar de que existen otros procesos que pueden ser aplicados para remover tanto hierro como manganeso ([Lazo, 2018](#)), el esquema presentado en la figura 2 es el más utilizado en todo el mundo. Existen numerosas formas de llevar a cabo el proceso descrito, lo cual se rige por criterio del diseñador o del profesional a cargo de conceptualizar el proyecto de potabilización. Por ejemplo, en algunos diseños se considera un tiempo de contacto de al menos 30 minutos para oxidación, mientras que en otros se parte del supuesto de que la filtración tiene carácter “auto-catalítico” y por ello no conlleva tiempo de contacto previo. Adicionalmente, la filtración se puede desarrollar en una o varias etapas.

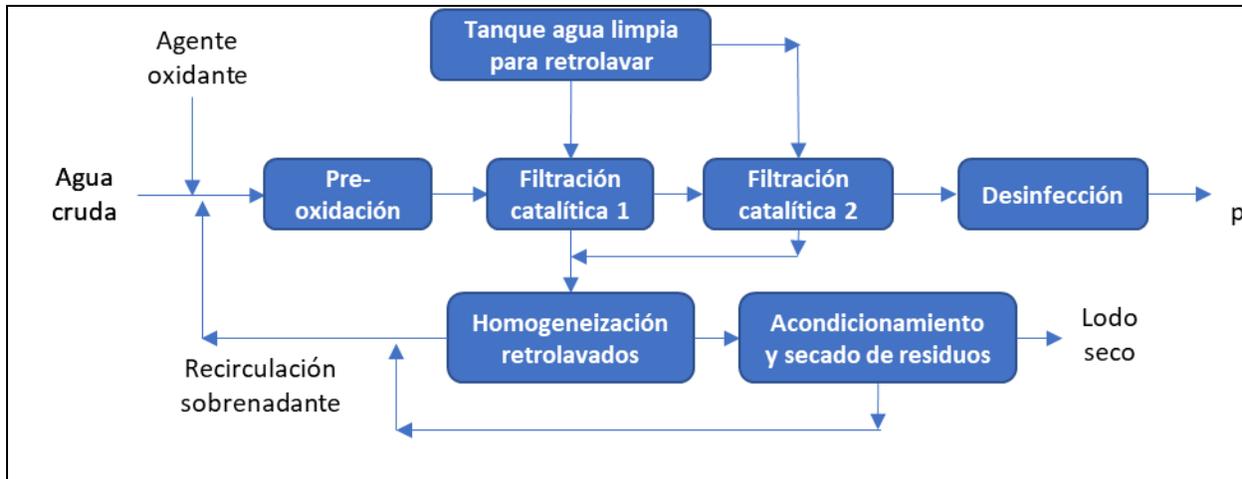
### **3.2. Costo preliminar de inversión para tratamiento del pozo N° 03-23**

Según indicación directa de la Presidencia Ejecutiva de AyA, se cuenta con la posibilidad de utilizar algunos equipos pertenecientes a la planta potabilizadora de Bebedero (Cañas) para promover una solución provisional de tratamiento del agua del pozo N° 03-23. Por lo tanto, se analizan algunos escenarios reutilizando elementos de Bebedero y otros, adquiriendo equipo nuevo. Tal y como se indicó al inicio del documento, esta propuesta no conlleva conceptos de obras conexas (obra civil, control automático, obra electromecánica, equipos de bombeo, canalización de aguas, etc).

	<b>Informe Técnico</b>		Página 16 de 38
	Fecha de entrega: 08 de mayo de 2020	N° de Versión: 01	

Es importante anotar que las plantas para remoción de arsénico sí podrían remover el manganeso por medio del uso del medio adsorbente que poseen. Sin embargo, esta práctica es contraria a la recomendación del fabricante (Pennisi, 2015), el cual establece 100  $\mu\text{g/L}$  como el valor máximo de manganeso a remover. Esto debido a que el adsorbente requiere de una superficie de contacto expuesta; valores mayores a 100  $\mu\text{g/L}$  dañarían de manera permanente el medio adsorbente. Por lo anterior, se debe de cambiar el medio adsorbente original (usado para tratar Arsénico), por otro que posea mayor capacidad de tratamiento de Manganeso.

Se toman como base: los datos técnicos de la planta potabilizadora Bebedero, la oferta emitida por la empresa SAUBER (Alvarado, 2020) y la oferta emitida por la oferta HIDROCLEAR (Ortega, 2020). Para el caso de reutilización de insumos de la planta Bebedero, se emplea la configuración que se muestra la figura 3. La variación principal respecto a la figura 2 es el uso de dos etapas de filtración catalítica, con el fin de poder alcanzar una concentración de manganeso de 50  $\mu\text{g/L}$  en el efluente tratado. Esta configuración ha sido utilizada por la UEN ID en algunos proyectos piloto y también es la que se utiliza en el sistema La Guaria, el cual administra la Región Huetaar Caribe. No debe dejarse de lado que el contar con una sola etapa de filtración catalítica también es válido, pero sin una etapa previa de pre-oxidación con un tiempo de contacto adecuado se corre el riesgo de no alcanzar la meta de calidad antes indicada.

**Figura 3 Configuración modificada considerada para el análisis**

Referencia: Elaboración propia

### 3.2.1. Escenario A: Bebedero con dos etapas de filtración y datos comerciales con una sola etapa de filtración

En el cuadro A-1 y el cuadro A-2 se presenta el detalle de las estimaciones sanitarias que llevan a los datos del cuadro 2. Se supone un costo igual al valor de adquisición de crepinas tipo hongo en el caso de los tanques de filtración (\$1000), más el costo de adecuar un fondo falso dentro de cada recipiente y algunos arreglos con pintura epóxica apta para agua potable (supuesto en \$3000). Los cálculos, desde el punto de vista técnico son muy similares para todos los casos analizados. La mayor diferencia tiene que ver con la configuración de tanques de filtración:

- e) Opción Bebedero: 1 tanque seguido de otro tanque.
- f) Opción SAUBER 1: 1 batería de 5 tanques (sólo una etapa).
- g) Opción SAUBER 2: 1 batería de 3 tanques (sólo una etapa).
- h) Opción HIDROCLEAR: 1 batería de 3 tanques (sólo una etapa).

De acuerdo con lo tabulado en el cuadro 2, tomando como referencia el costo de la “opción Bebedero”, las demás alternativas presentan un incremento relativo que se sitúa



entre un 6% y un 45%. Esto ocurre a pesar de que los recipientes de filtración existentes tienen un valor monetario muy bajo en los cálculos. La compensación de costos se da porque en el caso de los recipientes de Bebedero se debe trabajar con una velocidad mucho más baja, lo cual requiere una cantidad muy superior de medio filtrante. Además, la infraestructura para manejo de retrolavados también es más grande.

### Cuadro 2 Estimación preliminar de costos parciales para tratamiento de agua en el pozo N° 03-23

Parámetro	Opción Bebedero	Opción SAUBER 1	Opción SAUBER 2	Opción HIDROCLEAR
Costo tanques de filtración (\$)	8,000	20,000	30,000	27,000
Costo medio filtrante (\$)	14,100	9,300	12,600	7,200
Costo tolvas retrolavado (\$)	4,600	4,500	4,500	4,500
Costo tanques agua limpia (\$)	3,200	1,800	1,800	1,800
Costo lecho de secado (\$)	7,500	4,100	5,400	5,200
<b>Costo total sólo equipo sanitario (\$)</b>	<b>37,400</b>	<b>39,700</b>	<b>54,300</b>	<b>45,700</b>

*Referencia: Elaboración propia*

Además del tema económico, es importante considerar en el análisis que las opciones SAUBER 1, SAUBER 2 e HIDROCLEAR ya consideran algunos elementos de automatización por el tipo de válvulas propuestas; contrario a la situación de Bebedero. Adicionalmente, se debe vigilar el tipo de mecanismo de retrolavado que incluyen las propuestas. Los documentos sometidos como parte del estudio de mercado consideran un mecanismo de distribución de agua que no es apto para tanques de gran diámetro; en el caso de Bebedero, la crepina inferior sí cuenta con un radio de influencia mayor pero no cuenta con la configuración de fondo falso, la cual es la más recomendada para tanques mayores a 0.80 – 1.00 m.

	<b>Informe Técnico</b>		Página 19 de 38
	Fecha de entrega: 08 de mayo de 2020	N° de Versión: 01	

### 3.2.2. Escenario B: Bebedero y datos comerciales con dos etapas de filtración

En el cuadro A-3 y el cuadro A-4 se presenta el detalle de las estimaciones sanitarias que llevan a los datos del cuadro 3. En este caso se trabaja con la configuración de dos etapas de filtración:

- i) Opción Bebedero: 1 tanque seguido de una batería de 2 tanques.
- j) Opción SAUBER 1: 3 tanques seguidos de una batería de 4 tanques.
- k) Opción SAUBER 2: 2 tanque seguido de una batería de 2 tanques.
- l) Opción HIDROCLEAR: 2 tanques seguidos de una batería de 2 tanques.

El criterio seguido por para asignar los tanques previos en las ofertas comerciales de SAUBER e HIDROCLEAR es el lograr una velocidad en la etapa 1 no mayor o cercana a: 20 m/h si se usa el medio propuesto por SAUBER y 30 m/h si se usa el medio propuesto por HIDROCLEAR. Cada uno tiene una especificación técnica particular que delimita la velocidad máxima a emplear.

**Cuadro 3 Estimación preliminar de costos parciales para tratamiento de agua en el pozo N° 03-23, considerando filtración en dos etapas**

Parámetro	Opción Bebedero	Opción SAUBER 1	Opción SAUBER 2	Opción HIDROCLEAR
Costo tanques de filtración (\$)	8,000	28,000	40,000	36,000
Costo medio filtrante (\$)	14,100	13,000	16,800	9,600
Costo tolvas retrolavado (\$)	4,600	4,600	4,600	4,600
Costo tanques agua limpia (\$)	3,200	3,200	3,200	3,200
Costo lecho de secado (\$)	7,500	6,000	7,500	7,200
<b>Costo total sólo equipo sanitario (\$)</b>	<b>37,400</b>	<b>54,800</b>	<b>72,100</b>	<b>60,600</b>

*Referencia: Elaboración propia*



De acuerdo con lo tabulado en el cuadro 3, y tomando como referencia el costo de la “opción Bebedero”, las demás opciones presentan un incremento relativo que se sitúa entre un 47% y un 93%. Esto ocurre por el incremento en el número de unidades de las propuestas comerciales obtenidas inicialmente. Sin embargo, se debe mantener en mente que esto sólo corresponde a costos de equipamiento, lo cual es diferente a una estimación para un proyecto completo.

### 3.2.3. Valoración preliminar como proyecto

Tal y como se indicó al inicio del análisis, el alcance del presente documento es dar un aporte técnico para posteriores etapas de formulación y diseño final del sistema de potabilización. Por esta razón se considera conveniente realizar una estimación acerca del posible costo del proyecto completo, tomando en cuenta algunos insumos documentados en bibliografía especializada. Este ejercicio se hace para mejorar el criterio base para toma de decisiones.

Según Peters & Timmerhaus (2003), existen algunas estructuras de costos que permiten realizar un cálculo relacionado con costos directos e indirectos. El autor señala la herramienta como apta para plantas multipropósito de la industria, o bien para instalaciones existentes. Todo esto se aplica para casos de presupuestos preliminares y no para calcular montos que se someterán a una búsqueda definitiva de financiamiento.

#### Cuadro 4 Estimación preliminar del costo directo de proyecto para tratamiento de agua en el pozo N° 03-23, con una sola etapa de filtración

Parámetro	Criterio sugerido	Opción Bebedero	Opción SAUBER 1	Opción SAUBER 2	Opción HIDROCLEAR
Equipo adquirido	40%	37,400	39,700	54,300	45,700
Instalación de equipo adquirido	5%	5,200	5,000	6,800	5,800
Instrumentación y control (ya instalado)	8%	12,500	8,000	10,900	9,200
Tubería (instalado)	5%	5,200	5,000	6,800	5,800



Parámetro	Criterio sugerido	Opción Bebedero	Opción SAUBER 1	Opción SAUBER 2	Opción HIDROCLEAR
Obra eléctrica (instalado)	10%	10,400	10,000	13,600	11,500
Edificaciones (con servicios)	15%	15,600	14,900	20,400	17,200
Mejoras en el predio	7%	7,300	7,000	9,600	8,000
Instalaciones de servicios varios	10%	10,400	10,000	13,600	11,500
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>104,000</b>	<b>99,600</b>	<b>136,000</b>	<b>114,700</b>

Referencia: Peters & Timmerhaus (2003)

Según los resultados proyectados, el proyecto para el caso del pozo N° 03-23 podría llegar a contar con costos directos de hasta \$136,000. Si se toma el escenario Bebedero como base comparativa, las demás opciones comerciales podrían llegar a incrementar el costo en un rango de 0% y hasta 31% como máximo. Por otra parte, en el cuadro 5 se presentan los resultados considerando 2 etapas de filtración.

#### Cuadro 5 Estimación preliminar del costo directo de proyecto para tratamiento de agua en el pozo N° 03-23, con dos etapas de filtración

Parámetro	Criterio sugerido	Opción Bebedero	Opción SAUBER 1	Opción SAUBER 2	Opción HIDROCLEAR
Equipo adquirido	40%	37,400	54,800	72,100	60,600
Instalación de equipo adquirido	5%	5,200	6,900	9,100	7,600
Instrumentación y control (ya instalado)	8%	12,500	11,000	14,500	12,200
Tubería (instalado)	5%	5,200	6,900	9,100	7,600
Obra eléctrica (instalado)	10%	10,400	13,700	18,100	15,200
Edificaciones (con servicios)	15%	15,600	20,600	27,100	22,800
Mejoras en el predio	7%	7,300	9,600	12,700	10,700
Instalaciones de servicios varios	10%	10,400	13,700	18,100	15,200
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>104,000</b>	<b>137,200</b>	<b>180,800</b>	<b>151,900</b>

Referencia: Peters & Timmerhaus (2003)

	<b>Informe Técnico</b>		Página 22 de 38
	Fecha de entrega: 08 de mayo de 2020	N° de Versión: 01	

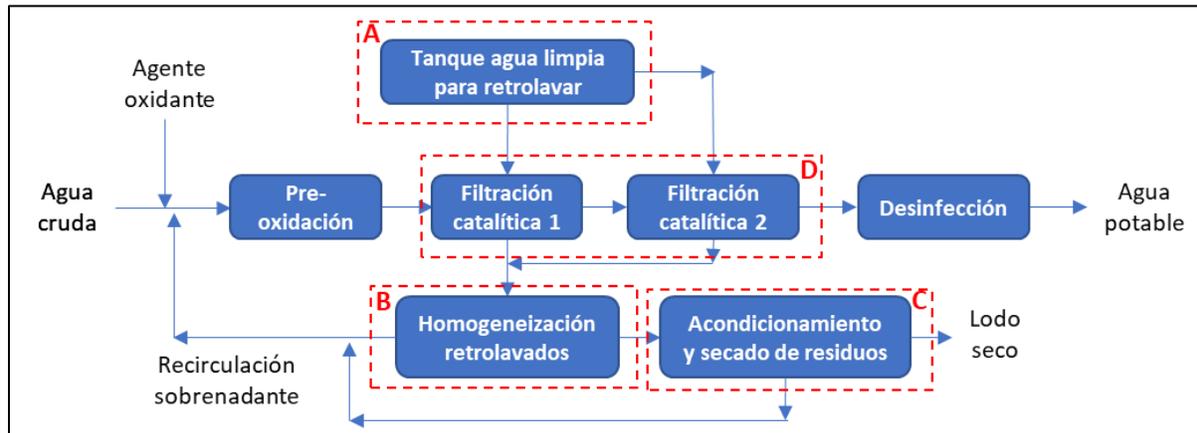
Según los resultados tabulados en el cuadro 5, el proyecto para el caso del pozo N° 03-23 podría llegar a contar con costos directos de hasta \$181,000. Si se toma el escenario Bebedero como base comparativa, las demás opciones comerciales podrían llegar a incrementar el costo en un rango de 32% y hasta 74% como máximo. Ambas estimaciones (cuadro 4 y cuadro 5) incluyen un cambio en la valoración del rubro de “instrumentación y control” para la opción Bebedero, debido a que la planta cuenta con una operación totalmente manual.

#### **3.2.4. Recomendación técnica para potabilización**

A pesar de que desde el punto de vista económico parece más conveniente trabajar en un proceso con solamente una etapa de filtración, es recomendable optar por dos etapas en serie de filtración catalítica. Esto añade robustez a la solución para poder alcanzar de manera consistente una meta de calidad de agua con concentración de manganeso igual o menor a 50 µg/L. A pesar de que la legislación nacional regula valores alerta y máximos admisibles muy superiores, es claro que valores mayores a 50 µg/L (incluso mayores a 30 µg/L) ya empiezan a tener potencial de generación de efectos estéticos en el agua, principalmente por la presencia de cloro residual en el proceso y en las redes.

En términos de configuración, es recomendable considerar la que se muestra en la figura 4. En el presente ejercicio se supone que el área funcional a cargo del diseño final y de la elaboración de las respectivas especificaciones técnicas, podrán especificar todo lo necesario para realizar la pre-oxidación. Solamente es necesario considerar que el único medio filtrante que funciona de manera preferible con aire es la pirolusita pura. Otros, como los valorados en el presente informe (zeolita recubierta con MnO<sub>2</sub> o greensand plus) funcionan perfectamente con cloro. Ese costo directo que es común a todas las alternativas no está incluido; aunque sí se incluye el cálculo en los cuadros A-1 y A-3 la demanda teórica de cloro.

**Figura 4 Configuración modificada considerada para el análisis**



*Referencia: Elaboración propia*

El módulo “A” que se indica en la figura 4 se podría eliminar de la configuración final, según el diseño definitivo que se realice. Es posible programar el funcionamiento de la operación de retrolavado para cada tanque, con el agua limpia producida por los demás filtros que se encuentren en operación en ese momento. En caso contrario, si se decide implementarlo, se debe considerar la instalación del equipo de bombeo apropiado para garantizar el flujo mínimo para realizar el retrolavado (no considerado en los costos preliminares). La frecuencia de retrolavados estará regida por la calidad de agua final y la operación definitiva que se haga.

El módulo “B” se puede diseñar considerando uno o dos recipientes para acumulación y dosificación de retrolavados. Además, se debe incluir el costo de dosificación en línea de coagulante y floculante (costo común a todas las alternativas) para lograr precipitar los compuestos que contienen los metales oxidados. Es posible tomar el volumen estimado en este documento para los tanques de retrolavados, y dividirlos para que una porción corresponda a recepción y homogeneización de caudales y la otra para acondicionamiento químico y purga. La purga de lodo concentrado que se genere en este módulo “B” será lo que recibe el módulo “C”; esa es la razón por la cual no se dimensiona un lecho de secado con capacidad volumétrica para todos los retrolavados.

	<b>Informe Técnico</b>		Página 24 de 38
	Fecha de entrega: 08 de mayo de 2020	N° de Versión: 01	

El acondicionamiento final de residuos (módulo “C”) recibe el lodo concentrado y lo seca para reducir la masa que deberá ser sometida a disposición final en relleno sanitario. En el análisis se consideró lecho de secado por ser la opción más económica para un caudal pequeño, pero también se podría valorar en el diseño definitivo el uso de una prensa pequeña (SAUBER, 2020). Esta etapa requerirá de un cisterna enterrado y un equipo de bombeo que permita recircular el lixiviado del lecho de secado al pozo o a cabecera de planta; se considera como un costo común a todas las alternativas, por lo que no se incluyó en las estimaciones de este informe.

La etapa de filtración catalítica (módulo “D”) se puede realizar con los tanques de Bebedero, pero realizando una modificación al fondo, de manera tal que se habilite un fondo falso con crepinas tipo hongo, para favorecer la operación de retrolavado. Esto requeriría también una aplicación de pintura epóxica apta para agua potable, con el fin de rehabilitar el interior para funcionamiento con agua para consumo humano. Si durante el diseño no se selecciona de antemano un medio filtrante específico (zeolita recubierta, pirolusita, greensand plus, o combinaciones de éstos), se deberán realizar las adecuaciones del caso para que el sistema de gestión de retrolavados sirva en cualquiera de los casos. La configuración final debe contar al menos con dos o tres filtros, para tener con algún grado de flexibilidad operativa. Según sea el gusto del diseñador, se podría incluir un sistema de inyección de aire comprimido para la operación de retrolavado.

La desinfección se puede llevar a cabo con el mismo módulo de pre-oxidación, o bien se puede conceptualizar aparte; es un costo común a todas las alternativas. Además, es recomendable adecuar un tanque de impulsión final para el agua tratada. No se recomienda que la bomba del pozo considere la pérdida de carga de la potabilización junto con la de la impulsión al tanque de almacenamiento del acueducto. Esto es debido a que se trata de proteger el medio filtrante.

	<b>Informe Técnico</b>		Página 25 de 38
	Fecha de entrega: 08 de mayo de 2020		N° de Versión: 01

La decisión final acerca de la reutilización eventual de los elementos presentes en Bebedero se debe basar en la capacidad instalada con que cuenta la Región Chorotega para hacer el traslado de todos los elementos necesarios y su armado con los elementos nuevos que se deban adquirir (según el diseño final). En caso de que se decida contratar todo el sistema de potabilización, no se recomienda considerar el reuso de recipientes de Bebedero, debido a que la garantía sobre el funcionamiento adecuado del sistema por parte de un eventual contratista se podría ver condicionada por esa situación. El tiempo de entrega estimado por los oferentes para entrega de obras (sólo línea de aguas) en Colorado se encuentra entre 3 y 8 semanas, posterior a la emisión de la orden de inicio de la contratación que deba hacerse para tal fin.

### **3.3. Costo preliminar de operación para tratamiento del pozo N° 03-23**

Como un insumo adicional para el análisis, se consultó por medio del estudio de mercado cuál es el costo de que las empresas oferentes puedan llevar a cabo la operación del sistema de potabilización del pozo N° 03-23. El único insumo que se recibió en este sentido fue el de SAUBER (2020), quien aportó los datos que se muestran en el cuadro 6.

**Cuadro 6 Costo mensual de operación propuesto por SAUBER (2020)**

Rubro	Costo total mensual (\$/mes)
Operador de planta, jornada 8 h/día, diurno de lunes a domingo	2500
Visitas de ingeniería	
Análisis de potabilidad del agua durante operación	
Aporte de cloro líquido para oxidación	

*Referencia: SAUBER (2020)*

La estimación presentada en el cuadro 6 contempla condiciones muy básicas para operación. Eventualmente, esa estimación de costo se podría adecuar a los requerimientos que quiera incluir la Región Chorotega. Igualmente, a solicitud de esta unidad operativa de Sistemas Periféricos, se podría elaborar un cálculo para los costos

	<b>Informe Técnico</b>		Página 26 de 38
	Fecha de entrega: 08 de mayo de 2020	N° de Versión: 01	

de operación y mantenimiento. Preliminarmente, si no se consideran costos de mano de obra de personal AyA ni el costo del recambio quinquenal del medio filtrante (o en un plazo mayor), el costo unitario de tratamiento sería cercano a los  $\text{€}120/\text{m}^3$ .

### **3.4. Consideraciones adicionales para la implementación de un proyecto de potabilización provisional**

Hasta que no se realice un diseño detallado de la planta potabilizadora de pozo en cuestión, no se recomienda pensar en un escalamiento de la solución provisional. Esto por cuando existirán roces con la especificación técnica que ya fue formulada para el proyecto integral del acueducto de Colorado de Abangares en el año 2019, considerando además el acomodo espacial de esa propuesta versus la nueva propuesta. En caso de querer valorar el potencial de escalamiento, se requiere que ambas tareas se realicen de manera complementaria, considerando el diseño final del pozo N° 03-23 con la modificación del diseño original del acueducto ya elaborado, que implica un trabajo conjunto entre la UEN de Programación y Control y la UEN de Administración de Proyectos.

No es posible reutilizar los tanques de Bebedero sin planos de taller que permitan al técnico a cargo de la instalación la cuantificación, cotización y compra de todos los materiales necesarios para el proyecto. En cualquier caso, independientemente si se decide realizar el proyecto con elementos de Bebedero u otros nuevos, se requiere un trabajo detallado respecto a obras conexas e incluso uso del espacio en el terreno disponible.

Es poco conveniente la conformación de una posible hoja de ruta para el desarrollo del proyecto por parte de la UEN ID, debido a que es una tarea que sale de sus competencias y en la cual intervienen otras unidades que son competentes en la materia. No obstante, para este propósito se recomienda considerar lo indicado en las secciones subsiguientes.

	<b>Informe Técnico</b>		Página 27 de 38
	Fecha de entrega: 08 de mayo de 2020	N° de Versión: 01	

### **3.4.1. Ruta A – Ejecución interna**

- a) Solicitar a la UEN Programación y Control, a la Región Chorotega, y a la UEN Administración de Proyectos que realicen una visita a los siguientes sistemas de potabilización: La Guaria en Limón, Shiroles en Talamanca, Sand Box en Talamanca y Parque Industrial de Cartago (ofrecimiento de empresa SAUBER). Esto servirá como un escenario para generar un conocimiento técnico básico acerca de diferentes opciones para tratar hierro y manganeso. Se conocerán sistemas elementales (La Guaria y Parque Industrial de Cartago) y sistemas un poco más complejos (Shiroles y Sand Box en Talamanca). Lo anterior con la participación de la UEN ID.
- b) Solicitar a la UEN Programación y Control, a la Región Chorotega, y a la UEN Administración de Proyectos que decidan qué tipo de planta potabilizadora desean construir en el pozo N° 03-23, considerando la visita propuesta y el presente informe.
- c) Solicitar a la Región Chorotega, según la decisión del punto anterior, la valoración del contenido del presente informe, para que proceda a emitir criterio de si tiene capacidad técnica y presupuestaria para realizar las obras requeridas por cuenta propia. Esto involucra trasladar de manera completa todos los elementos de proceso presentes en la planta Bebedero y adecuarlos para el esquema de funcionamiento descrito en el presente informe, al mismo tiempo que se realizan las edificaciones pertinentes. Se debe incluir el manejo de aguas de retrolavado.
- d) Una vez obtenido el visto bueno por parte de la Región Chorotega, solicitar a la UEN Programación y Control la elaboración del diseño final de la solución de potabilización y la elaboración de planos de taller para realizar las obras del caso, con sus respectivas especificaciones técnicas. Se deben considerar en este punto todas las obras conexas que se requieran en el sitio, por ejemplo:
  - Diseño de sitio.



- Obra eléctrica.
  - Obra electromecánica.
  - Tuberías, válvulas y cacheras.
  - Acceso al terreno.
  - Instrumentación y control.
  - Telemetría.
  - Configuración del terreno.
  - Evacuación de aguas pluviales y aguas de servicio.
  - Interconexión al pozo y a la línea de impulsión.
  - Edificación para bodega, operación y mobiliario.
  - Equipamiento complementario.
  - Cerramiento perimetral.
  - Cisterna para impulsión de aguas tratadas.
  - Equipos de bombeo.
  - Zonas verdes.
  - Elementos de seguridad ocupacional.
- e) Solicitar a la Región Chorotega la ejecución de los trabajos, según el producto de la UEN Programación y Control.
- f) Solicitar a la UEN Programación y Control la adecuación de las especificaciones técnicas del proyecto integral para el acueducto de Colorado de Abangares, de tal forma que se valore el potencial de escalamiento.
- g) Solicitar a la Subgerencia de Sistemas Periféricos la asignación de recursos para operación y mantenimiento de la planta potabilizadora.

	<b>Informe Técnico</b>		Página 29 de 38
	Fecha de entrega: 08 de mayo de 2020		N° de Versión: 01

### **3.4.2. Ruta B – Ejecución con externo**

- a) Solicitar a la UEN Programación y Control, a la Región Chorotega, y a la UEN Administración de Proyectos que realicen una visita a los siguientes sistemas de potabilización: La Guaria en Limón, Shiroles en Talamanca, Sand Box en Talamanca y Parque Industrial de Cartago (ofrecimiento de empresa SAUBER). Esto servirá como un escenario para generar un conocimiento técnico básico acerca de diferentes opciones para tratar hierro y manganeso. Se conocerán sistemas elementales (La Guaria y Parque Industrial de Cartago) y sistemas un poco más complejos (Shiroles y Sand Box en Talamanca). Lo anterior con la participación de la UEN ID.
- b) Solicitar a la UEN Programación y Control, a la Región Chorotega, y a la UEN Administración de Proyectos que decidan qué tipo de planta potabilizadora desean construir en el pozo N° 03-23.
- c) Solicitar a la Región Chorotega, según la decisión del punto anterior, la valoración del contenido del presente informe, para que proceda a emitir criterio de si tiene capacidad técnica y presupuestaria para realizar las obras requeridas por cuenta propia. Esto involucra trasladar de manera completa todos los elementos de proceso presentes en la planta Bebedero y adecuarlos para el esquema de funcionamiento descrito en el presente informe, al mismo tiempo que se realizan las edificaciones pertinentes. Se debe incluir el manejo de aguas de retrolavado.
- d) En caso de obtener una respuesta negativa por parte de la Región Chorotega, solicitar a la UEN Programación y Control que elabore un cartel de diseño y construcción para la potabilización en el pozo N° 03-23. De acuerdo con el modelo de planta seleccionado, pero considerando la relación que guarda con el proyecto integral para el acueducto de Colorado de Abangares.
- e) Incluir la iniciativa en el ciclo institucional de proyectos.
- f) Solicitar la asignación presupuestaria.



- g) Realizar la ejecución del proyecto, considerando que dependiendo del alcance se podría tratar de una licitación abreviada.

#### 4. CONCLUSIONES

- a) El proyecto de potabilización, considerando los elementos presentes en Bebedero, tendría un costo directo cercano a \$105,000. Los costos indirectos dependerían de la modalidad de ejecución que se decida.
- b) El proyecto de potabilización, considerando instalación completamente nueva, tendría un costo directo cercano a \$180,000. Los costos indirectos dependerían de la modalidad de ejecución que se decida.
- c) La operación por parte de un contratista podría tener un costo de al menos \$2500 mensuales. Este monto varía según los criterios que se deseen incluir en el servicio, y la estrategia del caso debe ser valorada para evitar cuestionamientos por tratarse de labores esenciales del AyA.
- d) Sí es posible utilizar parte de los elementos de la planta Bebedero, siempre y cuando exista capacidad técnica y presupuestaria en la Región Chorotega para implementar el sistema de potabilización y todas sus obras conexas.
- e) La diferencia entre las cotizaciones obtenidas y las estimaciones finales se debe a que los insumos comerciales solamente incluían algunos de los elementos básicos para potabilizar el agua. No incluían obras complementarias y en algunos casos tampoco contemplaban doble filtración y manejo de retrolavados.

#### 5. RECOMENDACIONES

- a) Documentar la calidad de agua de los pozos que permiten abastecer el acueducto de Colorado de Abangares, ante los cambios recientes en el caudal de producción. Esto permitiría conocer de mejor manera el comportamiento de los parámetros en los acuíferos explotados.



- b) Incluir en el diseño final las recomendaciones técnicas citadas en la sección 3.2.4 y una estimación detallada de los costos potenciales de operación y mantenimiento.
- c) Elaborar una hoja de ruta definitiva con la participación de: Región Chorotega, UEN Programación y Control y Gerencia General (Oficina de Gestión de Proyectos), considerando los aportes indicados en la sección 3.4.
- d) Contratar la operación, al menos por un período de un año, para el sistema que se decida construir. Debe realizarse la asignación presupuestaria respectiva en para el año 2021.
- e) Solicitar a la UEN Programación y Control la elaboración de un proyecto que permita crear estructuras de costos similares a las publicadas por Peters & Timmerhaus (2003), específicamente para casos de proyectos de plantas potabilizadoras. Esta oportunidad para mejora de la toma de decisiones debe considerar la experiencia adquirida tanto por la UEN Programación y Control, como aquella acumulada por la UEN Administración de Proyectos.



## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- a) Alvarado, A. *Propuesta Sistema de remoción de hierro y manganeso, sector Abangares, Guanacaste, Acueductos y Alcantarillados CR (AyA)*. San José: SAUBER. (2020)
- b) Hoffman, G. *Design manual: removal of arsenic from drinking water supplies by iron removal process*. 1a edición. Columbus: Environmental Protection Agency. (2006)
- c) Lazo A. [Hoja técnica conceptual: Remoción de hierro y manganeso en agua para consumo humano](#). Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados: UEN Investigación y Desarrollo. (2018)
- d) Ministerio de Salud (MINSA). *Reglamento para la calidad del agua potable*. San José: Gobierno de Costa Rica. (2015)
- e) Ortega, R. *Cotización CB 0405-27 – Equipo remoción manganeso 6 L/s*. San José: HIDROCLEAR COSTA RICA. (2020)
- f) Pennisi, N. *Water quality ranges*. Newark: Graver Technologies. (2015)
- g) Peters, m. & Timmerhaus, K. *Plant design and economics for chemical engineers*. 5ª edición. New York: McGraw-Hill Higher Education. (2003)
- h) 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

**Cuadro A-1 Características sanitarias del dimensionamiento para el pozo N° 03-23, según los datos originales de las ofertas**

Parámetro	Opción Bebedero	Opción Sauber 1	Opción Sauber 2	Opción Hidroclear
Caudal total a tratar (L/s)	6	6	6	6
Horas de producción (h/d)	18	18	18	18
Demanda de cloro por Fe (mg Cl <sub>2</sub> /mg Fe)	0.64	0.64	0.64	0.64
Demanda de cloro por Mn (mg Cl <sub>2</sub> /mg Mn)	1.29	1.29	1.29	1.29
Concentración Fe máxima (mg Fe/L)	0.108	0.108	0.108	0.108
Concentración Mn máxima (mg Mn/L)	0.981	0.981	0.981	0.981
Consumo de cloro por oxidación (kg/d)	0.52	0.52	0.52	0.52
Consumo mensual de cloro por oxidación (kg/mes)	15.6	15.6	15.6	15.6
Diámetro tanques etapa 1 (m)	1.3	-	-	-
Cantidad tanques etapa 1 (unid.)	1	-	-	-
Caudal tratado por tanque etapa 1 (L/s)	6	-	-	-
Velocidad filtración etapa 1 (m/h)	16.3	-	-	-
Velocidad retrolavado (m/h)	28	-	-	-
Flujo retrolavado por filtro (L/s)	10.3	-	-	-
Tiempo para retrolavado por filtro (min)	10	-	-	-
Tiempo para enjuague por filtro (min)	2	-	-	-
Volumen total agua en cada tanque, por retrolavado y enjuague (m <sup>3</sup> )	6.9	-	-	-
Diámetro tanques etapa 2 (m)	1.3	0.61	0.91	0.76
Cantidad tanques etapa 2 (unid.)	1	5	3	3
Caudal tratado por tanque etapa 2 (L/s)	6	1.2	2	2
Velocidad filtración etapa 2 (m/h)	16.3	14.8	11.0	15.8
Velocidad retrolavado (m/h)	28	28	28	38.5
Flujo retrolavado por filtro (L/s)	10.3	2.3	5.1	4.9
Tiempo para retrolavado por filtro (min)	10	10	10	10
Tiempo para enjuague por filtro (min)	2	2	2	2
Volumen total agua en cada tanque, por retrolavado y enjuague (m <sup>3</sup> )	6.9	1.5	3.3	3.2



**Cuadro A-2 Características sanitarias del dimensionamiento para el pozo N° 03-23, para el manejo de lodos, según los datos originales de las ofertas**

Parámetro	Opción Bebedero	Opción Sauber 1	Opción Sauber 2	Opción Hidroclear
Cantidad de retrolavados de filtro etapa 1 que se desea almacenar por día (unid.)	1	0	0	0
Cantidad de retrolavados de filtro etapa 2 que se desea almacenar por día (unid.)	1	5	3	3
Volumen tanque de retrolavados (m3)	13.8	7.5	9.9	9.5
Volumen tanque con agua limpia para todos los retrolavados del día (m3)	14	8	10	9
Velocidad de filtración en filtro lento (m/h)	0.1	0.1	0.1	0.1
Área mínima para lecho de secado (m2)	6	3	4	4
Cantidad de lechos de secado (unid.)	3	3	3	3
Largo cada lecho de secado (m)	1.3	1.3	1.3	1.3
Ancho cada lecho de secado (m)	1.5	1.5	1.5	1.5
Capacidad volumétrica total en lechos @ 40 cm llenado (m3)	2.3	1.3	1.7	1.6



**Cuadro A-3 Características sanitarias del dimensionamiento para el pozo N° 03-23, aplicando la modificación propuesta en la Figura 3**

Parámetro	Opción Bebedero	Opción Sauber 1	Opción Sauber 2	Opción Hidroclear
Caudal total a tratar (L/s)	6	6	6	6
Horas de producción (h/d)	18	18	18	18
Demanda de cloro por Fe (mg Cl <sub>2</sub> /mg Fe)	0.64	0.64	0.64	0.64
Demanda de cloro por Mn (mg Cl <sub>2</sub> /mg Mn)	1.29	1.29	1.29	1.29
Concentración Fe máxima (mg Fe/L)	0.108	0.108	0.108	0.108
Concentración Mn máxima (mg Mn/L)	0.981	0.981	0.981	0.981
Consumo de cloro por oxidación (kg/d)	0.52	0.52	0.52	0.52
Consumo mensual de cloro por oxidación (kg/mes)	15.6	15.6	15.6	15.6
Diámetro tanques etapa 1 (m)	1.3	0.61	0.91	0.76
Cantidad tanques etapa 1 (unid.)	1	3	2	2
Caudal tratado por tanque etapa 1 (L/s)	6	2	3	3
Velocidad filtración etapa 1 (m/h)	16.3	24.7	16.4	23.7
Velocidad retrolavado (m/h)	28	28	28	39
Flujo retrolavado por filtro (L/s)	10.3	2.3	5.1	4.9
Tiempo para retrolavado por filtro (min)	10	10	10	10
Tiempo para enjuague por filtro (min)	2	2	2	2
Volumen total agua en cada tanque, por retrolavado y enjuague (m <sup>3</sup> )	6.9	1.6	3.4	3.3
Diámetro tanques etapa 2 (m)	1.3	0.61	0.91	0.76
Cantidad tanques etapa 2 (unid.)	1	4	2	2
Caudal tratado por tanque etapa 2 (L/s)	6	1.5	3	3
Velocidad filtración etapa 2 (m/h)	16.3	18.5	16.4	23.7
Velocidad retrolavado (m/h)	28	28	28	38.5
Flujo retrolavado por filtro (L/s)	10.3	2.3	5.1	4.9
Tiempo para retrolavado por filtro (min)	10	10	10	10
Tiempo para enjuague por filtro (min)	2	2	2	2
Volumen total agua en cada tanque, por retrolavado y enjuague (m <sup>3</sup> )	6.9	1.5	3.4	3.3



**Cuadro A-4 Características sanitarias del dimensionamiento para el pozo N° 03-23, para el manejo de lodos, aplicando la modificación propuesta en la Figura 3**

Parámetro	Opción Bebedero	Opción Sauber 1	Opción Sauber 2	Opción Hidroclear
Cantidad de retrolavados de filtro etapa 1 que se desea almacenar por día (unid.)	1	3	2	2
Cantidad de retrolavados de filtro etapa 2 que se desea almacenar por día (unid.)	1	4	2	2
Volumen tanque de retrolavados (m3)	13.8	11.0	13.7	13.1
Volumen tanque con agua limpia para todos los retrolavados del día (m3)	14	11	14	13
Velocidad de filtración en filtro lento (m/h)	0.1	0.1	0.1	0.1
Área mínima para lecho de secado (m2)	6	5	6	5
Cantidad de lechos de secado (unid.)	3	3	3	3
Largo cada lecho de secado (m)	1.3	1.3	1.3	1.3
Ancho cada lecho de secado (m)	1.5	1.5	1.5	1.5
Capacidad volumétrica total en lechos @ 40 cm llenado (m3)	2.3	1.8	2.3	2.2

	<b>Informe Técnico</b>		<b>Página 38 de 38</b>
	<b>Fecha de entrega:</b> 08 de mayo de 2020	<b>N° de Versión:</b> 01	

## **9. ANEXOS**

### **Anexo 1 Ofertas comerciales recibidas hasta el día 08 de mayo del 2020**

# Propuesta Sistema de Remoción de hierro y manganeso, Sector Abangares, Guanacaste, Acueductos y Alcantarillados CR (AyA)

---

## *Oferta Técnica y Propuesta Económica*



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

## 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](http://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,**

*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 m<sup>2</sup> 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.

## 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 la 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, tuberías de entrada y salida de agua al sistema propuesto, suministro de corriente eléctrica, 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 20 a 150psi.

- Productos químicos de funcionamiento ni mantenimiento preventivo, así como repuestos o trabajos propios de mantenimientos correctivos producto del uso normal del sistema.

### 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.** Información del pozo 2 de San Joaquín, Abangares, Gte

Muestra	Concentración, µg/l	
	Hierro	Manganeso
1	16	348
2	108,4	577,2
3	78,5	588,8
4	48,9	817,3
5	33,3	980,9
6	19,8	861,9
7	13,3	798
8	79,1	693,7
<b>Max</b>	108,4	980,9
<b>Promedio</b>	45,5	708,2
<b>Limite Ley (38924-S)</b>	300	50

Flujo promedio del sistema requerido: **6 l/s (95 gpm)**

El método de remoción de hierro y manganeso solicitado es por oxidación y filtración forzada, que a su vez incluya un sistema de recuperación de sólidos de retro lavado.

El medio filtrante recomendado por SAUBER es a base de dióxido de manganeso, clinoptilita y cal hidratada, con nombre comercial Katalox Light (ver ficha técnica adjunta) según se aprecia a continuación:



**Métodos de remoción de Katalox-Light®:**

1. Filtración Mecánica (partículas finas, SST, turbidez, etc.)
2. Precipitación catalítica y adsorción (Fe, Mn, Cu, Pb, etc.)
3. Adsorción (formación floculante y adsorción de As, metales pesados, radionúclidos)

Filtración (≤ 3 µm) de:	Remoción de:	Mejores características:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólidos suspendidos totales</li> <li>• Sedimentos</li> <li>• Turbidez</li> <li>• Orgánicos</li> <li>• Color (algunos orgánicos)</li> <li>• Olor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hierro (hasta 100 mg/l)</li> <li>• Manganeso (hasta 20 mg/l)</li> <li>• Arsénico</li> <li>• Sulfuro de hidrógeno</li> <li>• Uranio y radio</li> <li>• Metales pesados</li> <li>• Radionúclidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certificación WQA para cumplir con el estándar ANSI/NSF 61 para aplicaciones de agua potable</li> <li>• Área de superficie muy alta</li> <li>• Alto recubrimiento de MnO<sub>2</sub> (10%)</li> <li>• No contiene sílice cristalino</li> <li>• No siempre requiere dosificación de oxidante</li> <li>• Menor densidad bruta – ahorros en agua de retrolavados</li> <li>• Frecuencia de reemplazo cada 7 a <b>10 años</b></li> </ul>

**Figura 1.** Medio filtrante de oxidación avanzada para remoción de hierro y manganeso, Katalox L

CARACTERÍSTICAS GENERALES		CONDICIONES DE OPERACIÓN	
Aparencia	Granulado negro	pH de entrada	5.8 - 10.5
Olor	inodoro	Francobordo	30 - 40%
Tamaño de partículas	0.6 - 1.4 mm ( 14 x 30 )	Profundidad mínima de la cama	75 cm ( 29.5 pulg. )
Coefficiente de uniformidad	< 1.75	Profundidad óptima de la cama	120 cm ( 47.0 pulg. )
Densidad aparente	1,060 Kg/m <sup>3</sup> ( 66 lb/pie <sup>3</sup> )	Tiempo retrolavado	10 - 15 min
Contenido de humedad	< 0.5 % como enviado	Tiempo enjuague	2 - 3 min
Filtración	Hasta 3 micras	Velocidad servicio	10 - 20 m/h ( 4 - 8 gpm/pie <sup>2</sup> )
Certificación	NFS/ANSI 61	Velocidad retrolavado	25 - 30 m/h ( 10 - 12 gpm/pie <sup>2</sup> )
Tiempo de vida	7 a 10 años		

CAPACIDAD DE REMOCIÓN		DOSIFICACIÓN / REGENERACIÓN*			
Contaminantes	Capacidad	Oxidante por ppm de	Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	H <sub>2</sub> S
Solo Fe <sup>2+</sup>	aprox. 85,000 mg/pie <sup>3</sup>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.9 mg/l	1.8 mg/l	4.5 mg/l
Solo Mn <sup>2+</sup>	aprox. 42,500 mg/pie <sup>3</sup>	Cl <sub>2</sub> / KMnO <sub>4</sub>	1.0 mg/l	2.0 mg/l	5.0 mg/l
Solo H <sub>2</sub> S	aprox. 14,000 mg/pie <sup>3</sup>				

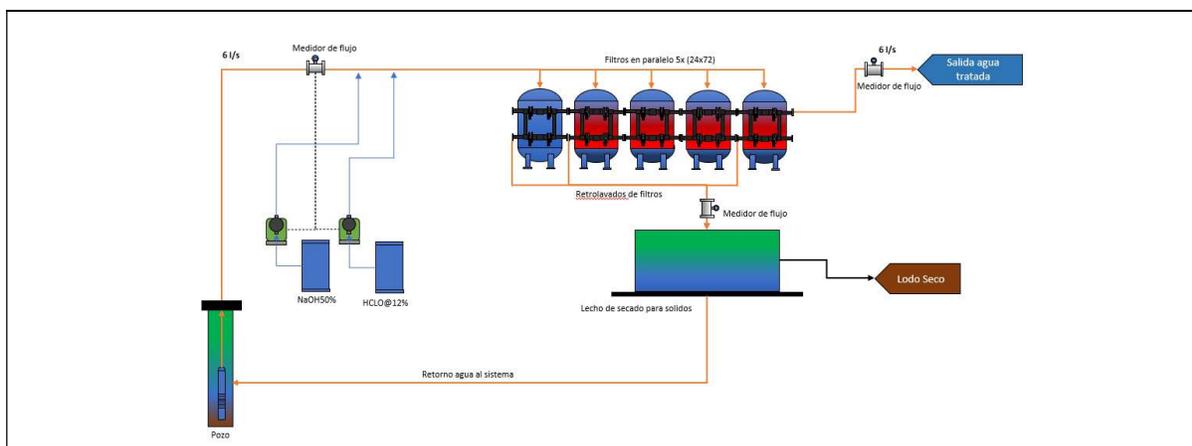
\* Opcional: Solo se requiere en caso de que el agua no tenga suficiente potencial de oxidación (ORP). Es decir que una parte de los contaminantes no esta presente en forma oxidada. Oxydes-P utilizado en los retrolavados es un producto muy útil para mantener limpia la superficie del Katalox Light®.

**Figura 2.** Resumen de características técnicas del medio filtrante Katalox L recomendado

Dado que la concentración de hierro y manganeso del pozo a tratar es menor a 10 mg/l el fabricante del medio filtrante recomienda utilizar una sola etapa de filtrado y no dos o tres.

#### 4. Opción 1 Sistema de filtración con cinco unidades.

Nuestra primer opción consiste en dividir el flujo de agua total de 6 l/s (95gpm) a tratar en 5 unidades en paralelo de 19 gpm c/u según se aprecia a continuación:



**Figura 3.** Diagrama básico de flujo de 5 unidades de filtrado en paralelo

Dimensionamiento de filtros:

Flujo	6 l/s
	95,1 gpm
Velocidad servicio	
AyA	15 m/h máximo
	6 gpm/ft2
	15,9 ft2
Cama de filtro	120 cm
	3,94 ft
Volumen Katalox	62,5 ft3
Cantidad de filtros	5 unidades
Volumen por filtro	12,5 ft3
Flujo por filtro	19,0 gpm

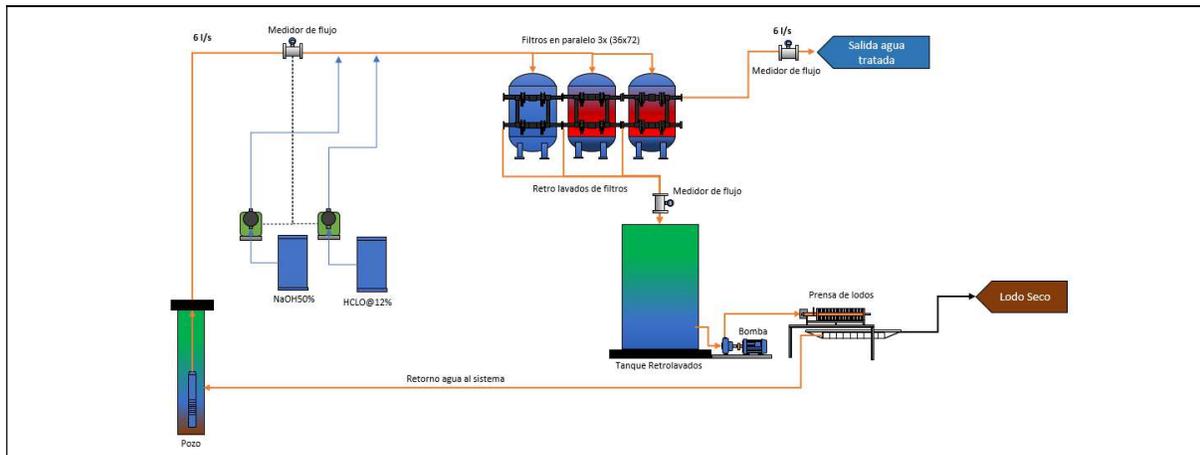
- ✓ El área requerida del sistema propuesto es de 11 m2 (filtros y lechos de secado).
- ✓ Voltaje requerido: 110vol, monofase, cabeza de filtros.



**Figura 4.** Detalle de sistema de filtros de oxidación avanzada propuesto por SAUBER (5 unidades en paralelo)

## 5. Opción 2. Sistema de filtración y oxidación de tres unidades

Como segunda opción se propone utilizar solamente tres unidades de filtración con oxidación forzada en lugar de cinco, así como la instalación de un filtro prensa de mayor eficiencia para el sistema de recuperación de solidos de retro lavado de filtros, según se aprecia a continuación:



**Figura 5.** Diagrama de flujo de sistema de filtración y oxidación de tres unidades.

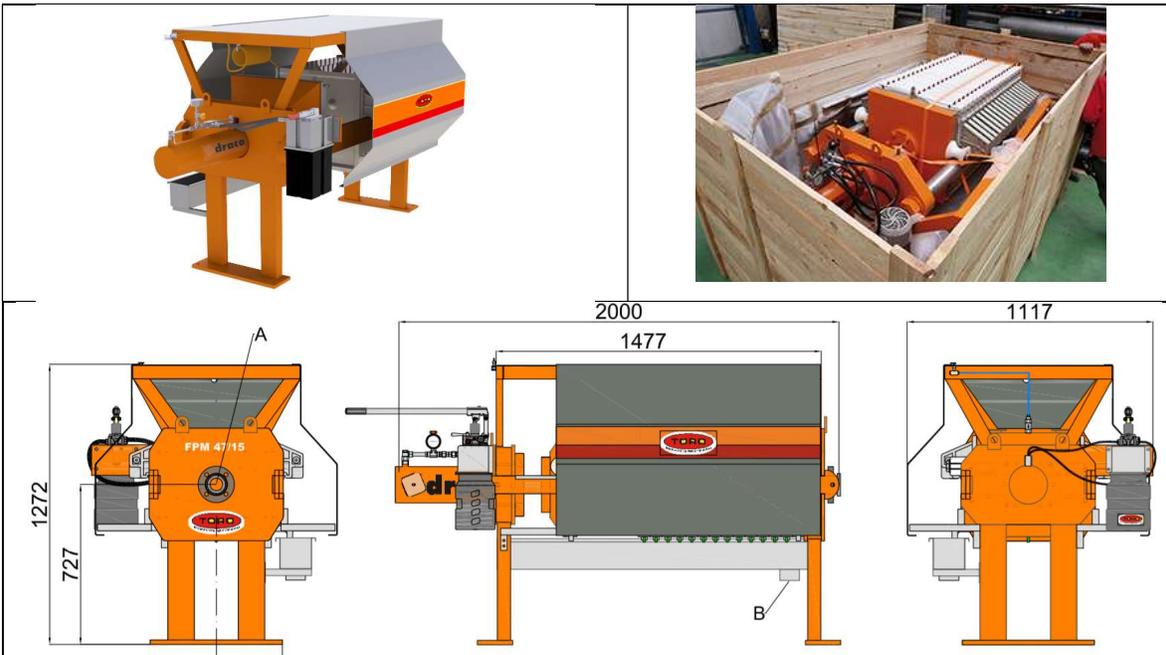
A continuación, el cálculo de dimensionamiento de equipos:

Flujo	6 l/s
	95,1 gpm
Velocidad servicio	
AyA	15 m/h máximo
	6 gpm/ft <sup>2</sup>
	15,9 ft <sup>2</sup>
Cama de filtro	120 cm
	3,94 ft
Volumen Katalox	62,5 ft <sup>3</sup>
Cantidad de filtros	3 unidades
Volumen por filtro	20,8 ft <sup>3</sup>
Flujo por filtro	31,7 gpm

- ✓ El área requerida de filtros es de 2.5 m<sup>2</sup>
- ✓ El área del tanque y filtro prensa es de 7 m<sup>2</sup>
- ✓ Cabeza de filtros 110vol, monofase, filtro manual, no requiere energía.



**Figura 6.** Ejemplos de unidades de filtración de 36 pulg de diámetro por 72pulg de altura, 32gpm c/u



**Figura 7.** Detalle de filtro prensa para solidos de retro lavados de filtros, marca TORO, España

## 6. Oferta Económica

A continuación, un resumen de los costos de cada opción planteada

**Cuadro 1.** Resumen de costos opción 1 (cinco unidades de filtración).

Línea	Equipo	Modelo	Cantidad	Costo \$
1	Tanques 24x72pulg	24x72	5	\$ 5 410,20
2	Valve - Fleck 2750 NXT2 Timer Single Softener	900	5	\$ 14 129,00
3	Medio filtrante oxidante	Katalox L	63	\$ 7 969,04
4	Grava	#20	15	\$ 1 150,20
5	Mano obra ensamble	NA	3	\$ 806,56
6	Medidor de flujo 3pulg	WMP104-300	3	\$ 5 651,60
7	Bomba dosificadora cloro	DDE-6-10	2	\$ 1 349,00
8	Lecho de secado para solidos (2x4m)	Local	1	\$ 7 526,00
9	Transporte instalacion en sitio	SAUBER	1	\$ 500,00
10			<b>Subtotal \$</b>	<b>\$ 44 491,60</b>

Notas:

- ✓ Tiempo de entrega de 4 a 8 semanas (1-2 meses).
- ✓ Precios no incluyen impuesto de valor agregado, IVA.
- ✓ Entrega en sus instalaciones de Abangares, Gte.

**Cuadro 2.** Resumen de costos de opción 2 (tres unidades de filtrado)

Línea	Equipo	Modelo	Cantidad	Costo \$
1	36" FRP tank multimedia filter complete with media, Clack valve, 2" pipe size, 110V/1ph/60Hz	200C36210M M	3	\$ 29 294,60
2	Medio filtrante oxidante	Katalox L	63	\$ 7 969,04
3	Grava	#20	15	\$ 1 150,20
4	Mano obra ensamble	NA	2	\$ 670,24
5	Medidor de flujo 6pulg	IMAG4700	3	\$ 9 230,00
6	Bomba dosificadora cloro	DDE-6-10	2	\$ 1 349,00
7	Tanque Retrolavados, 10m3	EcoT	1	\$ 2 747,39
8	Bomba para filtro prensa	FTI Air-Operated Diaphragm Pump	1	\$ 1 725,30
9	Filtro Prensa para solidos retrolavado	FMP47/10	1	\$ 13 277,00
10	Servicio de transporte y montaje en sitio	SAUBER	1	\$ 800,00
11			<b>Subtotal \$</b>	<b>\$ 68 212,77</b>

**Notas:**

- ✓ Tiempo de entrega de 4 a 8 semanas (1-2 meses) de sistema de filtración
- ✓ Filtro prensa y sistema de recuperación de sólidos a consultar tiempos de entrega
- ✓ Precios no incluyen impuesto de valor agregado, IVA.
- ✓ Entrega en sus instalaciones de Abangares, Gte.

**Cuadro 3.** Resumen de costos de operación para ambos sistemas.

Linea	Rubro	Cantidad	Costo \$/mes
1	Operador de planta, jornada normal 8h/d diurno de lunes a domingo	1	\$ 2500.0
2	Cloro al 12%, cantidad en kg/mes	250	
3	Visitas Ingeniería	2	
4	Análisis Potabilidad	2	

**Notas:**

- ✓ Tiempo de entrega inmediato contra instalación de filtros
- ✓ Precios no incluyen impuesto de valor agregado, IVA.
- ✓ Horarios de trabajo de 8h/d diurno de lunes a domingo
- ✓ Pagos mensuales contra mes de servicio.

## 7. Condiciones comerciales

IMPUESTOS	:	Con impuestos en caso de ser requeridos
LUGAR DE ENTREGA	:	AyA de Abangares de Guanacaste
TERMINOS DE PAGO	:	Pagos parciales
TIEMPOS DE ENTREGA	:	4-8 semanas a partir del adelanto inicial
FACTURACIÓN	:	Se realizarán facturaciones parciales equivalentes a las condiciones de pago
VIGENCIA DE LA OFERTA	:	30 días naturales

## 8. Condiciones de pago

- 50% con la entrega de su orden de compra
- 30% contra entrega de equipos en sitio
- 20% contra equipos instalados y trabajando.

**SAUBER**

**Smart, Simple, Sustainable**

Soluciones de Ingeniería EvoMech S.A.

[info@thinkSAUBER.com](mailto:info@thinkSAUBER.com)

[www.thinkSAUBER.com](http://www.thinkSAUBER.com)

+(506) 4000-0625

# HIDROCLEAR COSTA RICA

Vida en la Tierra SA - Cédula Jurídica 3-101-172614

Tel. 2282-0100 Fax: 2582-1028



## COTIZACIÓN CB 0405-27

**Ciente:** INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

04/05/2020

**Contacto:** Andrés Lazo

**Proyecto:** EQUIPO REOMOCIÓN MANGANESO 6 L/SEG

Nuestra oferta contempla los equipos considerando que ya hay sistema de cloración previo.

### Parámetros de Diseño

Caudal 6 LPS =	95.24 GPM
Tratamiento consiste en cloracion y columna combinada de turbidex con Green Sand Plus	
flujo retrolavado recomendado gpm/ft2 GS+/Turbidex	16 GPM
flujo de servicio recomendado gpm/ft2 GS+/Turbidex en reg continua	2 a 12 GPM
Se utilizan 3 tanques de 30 pulgadas de diametro	
Flujo de servicio gpm/ft2	6.48
area x unidad ft2	4.9
area total ft2	14.7
flujo de retrolavado GPM	78.4 GPM
altura de cama GS+ en pulgadas	21.96
volumen ft3 (por columna)	9
altura de cama turbidex en pulgadas	17.08
volumen ft3 (por columna)	2
Válvulas controladoras Pentair Magnum Conex 2" each	3 Unidades

Cantidad	Descripción	P. Unitario	TOTAL
	Equipo Remoción Fe-Mn 6 L/Seg	\$18,967.00	\$18,967.00
	TOTAL		\$18,967.00
	Instalación EST		\$3,000.00
	I. V 13%		\$2,855.71
	<b>GRAN TOTAL</b>		<b>\$24,822.71</b>

**Notas:** Forma de pago: Lo usual AyA  
Tiempo Entrega: 2 - 3 Semanas  
Precio de instalación es estimado. Definitivo se da en visita al sitio.

Validez de la oferta: 30 días

Sin otro particular y agradeciendo la confianza en nuestros productos se suscribe muy cordialmente,

Rodrigo Ortega Rojas  
HidrocLEAR Costa Rica - Vida en la Tierra SA  
[rortega@hidrocLEAR.com](mailto:rortega@hidrocLEAR.com)  
Tel. 2282-0100 Cel. 8718-0755  
[www.hidrocLEAR.com](http://www.hidrocLEAR.com)