



# CARRERA DE POSGRADO DE ESPECIALIZACION EN INGENIERIA SANITARIA

TRABAJO FINAL.

## **Verificación de Parámetros Operativos de Planta de Tratamiento de Efluentes Cloacales. Comodoro Rivadavia.**

Alumno: Marcos Diaz

Directora: Valeria Carina Ferrer

Agosto 2024



## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
<b>3. GENERALIDADES SOBRE SISTEMAS DE LAGUNAS</b> .....	<b>5</b>
<b>4. DESCRIPCIÓN DE LA PTEC CORDÓN FORESTAL - SISTEMA DE LAGUNAS</b> .....	<b>8</b>
4.1. Ubicación y Descripción del Sistema. ....	8
4.2. Estado Actual de las Instalaciones. ....	11
4.3. Operación.....	19
<b>5. MARCO REGULATORIO</b> .....	<b>21</b>
<b>6. PLAN DE MUESTREO</b> .....	<b>24</b>
6.1. PLAN DE MUESTREO .....	24
6.2. ESTIMACION DE CAUDALES.....	26
<b>7. RESULTADO DE MUESTREO, ANÁLISIS, CÁLCULOS Y DIAGNOSTICO</b> . <b>27</b>	
7.1. RESULTADOS DE MUESTREO. ....	27
7.2. COMPARACIÓN DE LIMITES DE VUELCO. ....	29
7.3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO .....	30
7.4. RESUMEN - CONCLUSIONES. ....	41
<b>8. PROPUESTAS PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE DEPURACIÓN. .</b> <b>43</b>	
8.1. PROPUESTAS DE MÍNIMA. ....	43
8.2. PROPUESTAS DE MÁXIMA.....	46
8.2.1. INCREMENTO DE CAUDAL.....	46
8.2.2. MEJORAS EN EL SISTEMA DE AIREACION.....	52
8.2.3. SEDIMENTACIÓN.....	56
8.2.4. CÁMARA DE CONTACTO.....	58
<b>9. COMENTARIOS FINALES</b> .....	<b>61</b>
<b>10. ANEXOS</b> .....	<b>63</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>63</b>

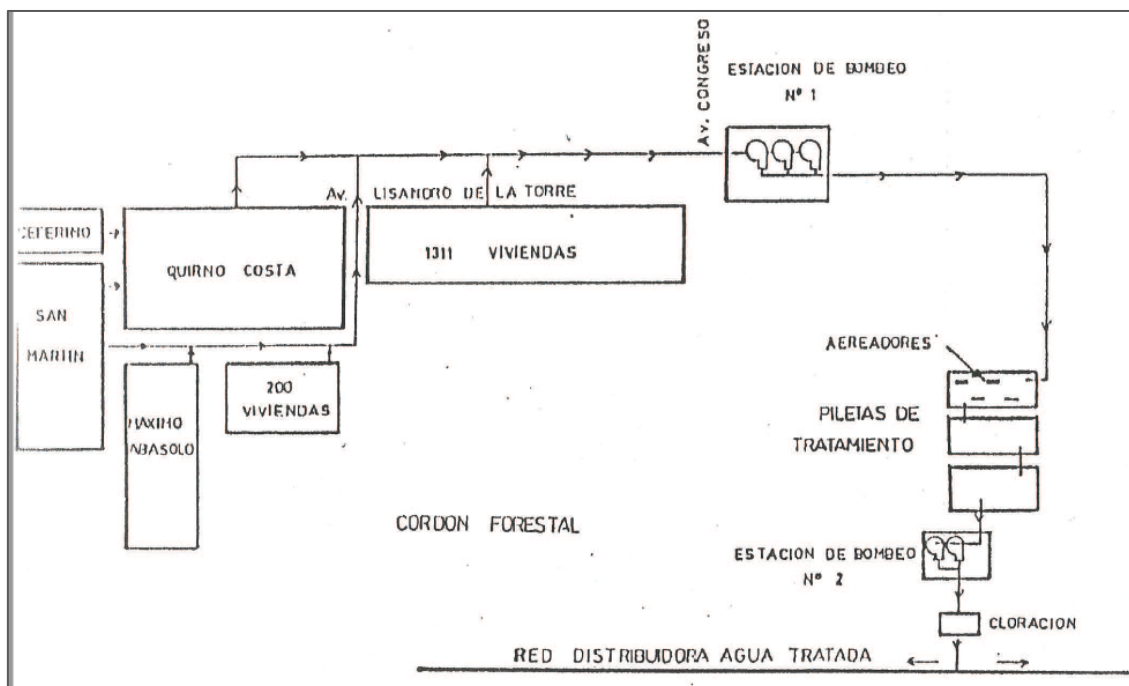
# 1. INTRODUCCIÓN.

La ciudad de Comodoro Rivadavia se ubica en la pcia. de Chubut sobre la costa del Golfo San Jorge. En dicha localidad, en el barrio Cordón Forestal se emplaza una Planta de Tratamiento de Efluentes Cloacales (PTEC) compuestas por un sistema de lagunas. El agua tratada se utiliza para riego de forestación en barrios aledaños.



El proyecto se realizó en el año 1992, y contempló el diseño de una **red colectora** para redireccionar líquido cloacal hacia la planta de tratamiento, una **estación elevadora** y la **plata de tratamiento de efluentes**. Según la memoria descriptiva del proyecto, estas obras buscaban tres objetivos finales: 1) Reducir la contaminación de la Costa local donde se descargaban líquidos cloacales sin tratamiento previo, derivando un volumen significativo de este hacia la PTEC; 2) Destinar el agua tratada al riego forestal de barrios aledaños; 3) mejorar el funcionamiento de la red, ya que la nueva red colectora que era parte proyecto, permitiría que las redes existentes que se encontraban superadas en capacidad queden en servicio óptimo. Parte líquido cloacal se deriva a la planta de tratamiento, mientras que la otra parte continúa volcándose al mar.

Un esquema general de todo el proyecto se muestra a continuación:



La planta de tratamiento está compuesta por un sistema de 3 lagunas en serie: aireación, sedimentación y maduración. El sistema se complementa con una cámara de contacto para desinfección final del efluente tratado.

Actualmente, las instalaciones pertenecen al municipio, y han sido dadas a concesión a la Sociedad Cooperativa Popular Limitada (SCPL).

La capacidad máxima de la PTEC es de 3000m<sup>3</sup> diarios, y una carga orgánica media de 220 mg DBO5/l del agua residual, se prevé una carga orgánica de salida de 40 mg DBO5/l.



De acuerdo con los controles de rutina realizados por la Concesionaria (SCPL), el efluente no cumple con los límites de vuelco establecidos en el Marco Regulatorio, el cual se compone por la Ley Provincial 1540 y Ordenanza Municipal 7199/00. Estos desvíos de calidad podrían ocasionar problemas en la vegetación alcanzada por el agua de riego. Asimismo, la presencia de patógenos entéricos en el agua de riego podría ocasionar problemas a personas que estén en contacto con esta vegetación. Por otro lado, la infiltración de agua contaminada con estos patógenos podría ocasionar problemas en el agua subterránea de la zona.

## 2. OBJETIVOS.

El objetivo general del presente trabajo es la verificación de parámetros operativos de la PTEC (caudal afluente, carga orgánica de crudo, eficiencia de remoción, tiempo de residencia) y la detección de deficiencias del proceso de depuración, para luego realizar propuestas que podrían mejorar el rendimiento del sistema, y así corregir los desvíos detectados.

Para esto se plantean una sucesión de objetivos específicos:

- Relevamiento del estado actual de la Planta: recabar información general y específica del sistema de tratamiento, visitas a PTEC, reuniones con el operador.
- Verificación de parámetros. Confeccionar un plan de muestreo en cada etapa del tratamiento. Con los resultados obtenidos se podrán detectar aquellos parámetros que se alejan de los esperados.
- Evaluación del sistema. A partir de los datos recopilados se realizarán cálculos de tiempos de retención, rendimientos y coeficientes que intervienen en las ecuaciones que describen el proceso de transformación de materia orgánica. A partir de estos se podrá analizar el rendimiento de las lagunas, detectar los factores que afectan negativamente al/los procesos e indagar sobre las causas.
- Propuestas para optimización de la PTEC. Finalizada la etapa de análisis de evaluación, se harán propuestas que **podrían** mejorar el proceso de depuración. Estas propuestas no modificarán la línea de tratamiento.

## 3. GENERALIDADES SOBRE SISTEMAS DE LAGUNAS.



Los sistemas de lagunas de estabilización presentan una forma simple de tratamiento de aguas residuales. Existen variantes entre los sistemas de lagunas, con diferentes niveles de simpleza de operación y requerimientos de superficie. Así, se pueden clasificar como:

- Lagunas de Estabilización: se clasifican según la presencia de oxígeno.
  - Lagunas aerobias: de poca profundidad para ingreso de oxígeno y desarrollo de algas.
  - Lagunas Anaeróbicas: utilizadas generalmente para altas cargas orgánicas y sólidos.
  - Lagunas facultativas: aeróbica – anaeróbica.

Las lagunas de estabilización aeróbicas deben ser de poca profundidad para permitir el ingreso de oxígeno desde la superficie libre, lo cual demanda la utilización de grandes superficies. Sin embargo, si se instalan aireadores mecánicos para incorporar oxígeno a toda la masa líquida (lagunas aireadas de mezcla completa), las dimensiones se reducen considerablemente. En este último caso, no existen grandes diferencias con el tanque de aireación de un sistema de barros activados, a excepción de la recirculación de barros.

Las *lagunas de aireación de mezcla completa* son estanques provistos de aireadores, y que son los encargados de garantizar la oxigenación en toda la masa líquida, como así también mantener dispersos los sólidos generados (biomasa). En este caso, no existirían diferencias con una Cámara de Aireación de un sistema de barros activados, a excepción de la recirculación.

Debido a la concentración de sólidos suspendidos generados en la laguna aireada, no es adecuada su descarga directa a un cuerpo receptor. Por este motivo, a continuación de las lagunas aireadas de mezcla completa se instala una laguna de sedimentación.

Las *lagunas de sedimentación* tienen por objeto eliminar los sólidos generados en la transformación biológica, los cuales deben desarrollar la compacidad necesaria para la decantación. El diseño de las lagunas de sedimentación considera dos sectores bien definidos: la parte superior que corresponde a la clarificación/sedimentación de sólidos y la parte inferior para la acumulación de barros.

Por otro lado, las *lagunas de maduración* tienen por objetivo la eliminación de patógenos, y presenta una de las alternativas más económicas de desinfección. Los mecanismos de desinfección están relacionados por la baja profundidad, favoreciendo la penetración de



radiación solar (radiación ultravioleta), un apropiado valor de pH por la actividad fotosintética; y por las mismas razones, un alto contenido de Oxígeno Disuelto.

Para alcanzar altos grados de eficiencia en la remoción de patógenos es preferible tener un régimen hidráulico tipo **pistón**, razón por la cual las lagunas de maduración suelen estar diseñadas en series o por una laguna simple con la interposición de *baffles*.

La Planta de Tratamientos de Efluentes objeto de análisis en este trabajo, está compuesta por 3 lagunas. Las función de cada una se describen a continuación, citando también el correspondiente párrafo de la Memoria Descriptiva:

- La primera corresponde a la **laguna aireada**. En esta se produce la transformación de la materia orgánica a biomasa (tejido celular y CO<sub>2</sub>), generando sólidos que deben ser removidos posteriormente. Es importante señalar que actualmente el comportamiento de esta laguna es diferente para la cual fue diseñada, siendo su comportamiento más parecido al de una laguna facultativa.
- La segunda, **laguna de sedimentación**. En esta sedimentarán los sólidos generados en la etapa anterior. Según lo indicado por la memoria descriptiva del proyecto, por la baja profundidad de esta laguna, cumplirá también la función de laguna de maduración.
- La tercera, **laguna de maduración**. Cumple la función de desinfección, y considerando lo expuesto en el párrafo anterior, el sistema comprendería dos lagunas de maduración en serie.

Se transcribe el párrafo correspondiente de la **Memoria descriptiva**:

*“Piletas de Tratamiento, compuestas por tres unidades de tratamiento biológico, en la primera de ellas se colocarán 4 (cuatro aereadores superficiales. El fin de esta inyección de aire es asegurar la aireación en toda la masa líquida por difusión.-*

*La permanencia hidráulica es de aproximadamente 2,5 días.-*

*Las otras dos lagunas son de maduración [...].-*

*La segunda laguna tiene una permanencia aproximada de 40hs., esta funcionará también como decantador.-*

*La tercer laguna tiene una permanencia teórica de 26hs.-“*



## 4. DESCRIPCIÓN DE LA PTEC CORDÓN FORESTAL - SISTEMA DE LAGUNAS.

### 4.1. Ubicación y Descripción del Sistema.

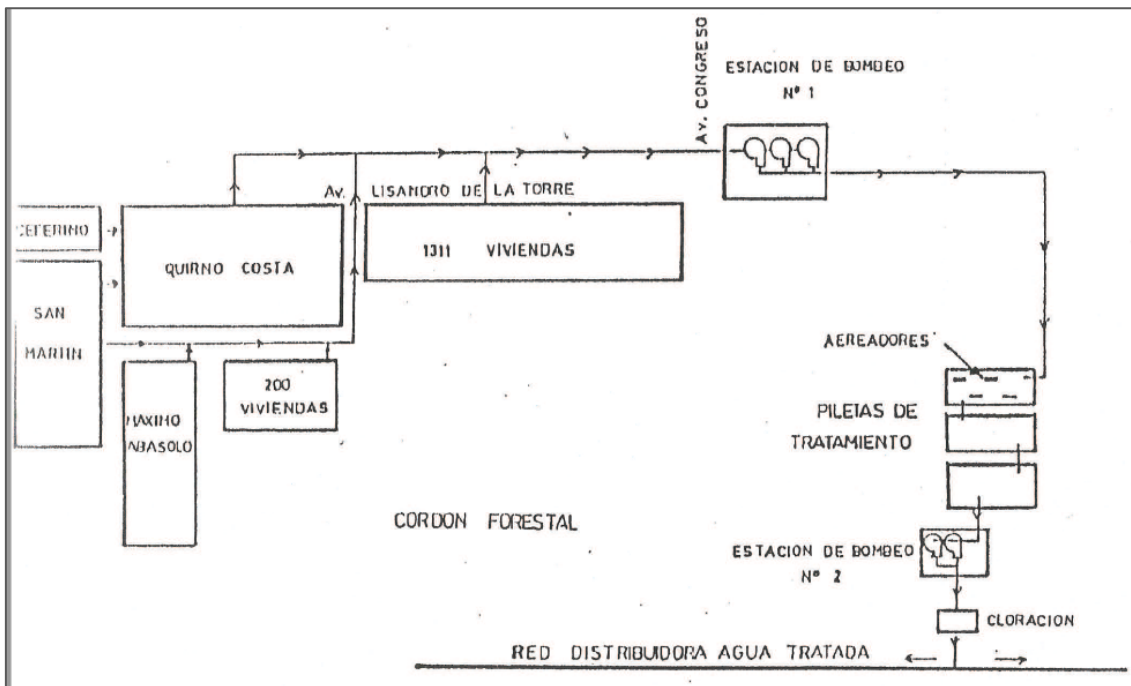
La PTEC se sitúa en el Barrio Cordón Forestal de la localidad de Comodoro Rivadavia, Chubut. Actualmente las instalaciones pertenecen a la Municipalidad de esta localidad, siendo dadas a concesión a la Sociedad Cooperativa Popular Limitada (SCPL) para su operación. El proyecto fue realizado en el año 1992, iniciando su operación en 1997.

El objetivo de la PTEC fue no contaminar la costa local en donde descargaban los efluentes cloacales, derivando un volumen significativo de estos hacia la planta de tratamiento. Asimismo, destinar el líquido tratado al riego forestal, reduciendo el consumo de agua potable que inicialmente se utilizaba para este fin.

La capacidad de tratamiento es de 3000m<sup>3</sup>/día de agua residual domiciliaria, con una carga orgánica media de 220 mgDBO<sub>5</sub>/lt.

La totalidad del proyecto consistió en la ejecución de una red colectora, dividida en dos tramos: 650m de cañería PVCØ250mm y 1450m de cañería PVCØ315mm, la cual finaliza en la Estación Elevadora. Esta cuenta con tres bombas Flygt 3101HTC252 (dos en uso y una en reserva) e impulsa el líquido cloacal hasta la planta de tratamiento. La cañería de impulsión es de PVC, diámetro 325mm, con una longitud de 700m.

Un dato útil para los proyectos es conocer la cantidad de habitantes a los que sirve la planta para luego compararlo con la población total de la ciudad. En este caso de estudio, no ha sido posible obtener los datos de la cantidad de conexiones, tanto en etapa de proyecto como las actuales, que llegan a la red para luego terminar en la planta de tratamientos.



Esquema Anteproyecto incluido en Memoria Descriptiva - 1992



Imagen satelital – EE, Traza Cañería de impulsión agua residual, PTEC.



*Esquema lagunas PTEC*

Como se indicó en el apartado anterior, se cuenta con tres lagunas de tratamiento: laguna aireada, laguna de sedimentación, laguna de Maduración. Estas son de igual superficie (50m x 70m), pero diferente profundidad.

La laguna aireada se diseñó con un equipamiento de cuatro (4) aireadores superficiales DINAIRE UR550, de eje oblicuo montado sobre pontones, potencia de 15hp cada uno.

En la segunda laguna tiene lugar la sedimentación de los sólidos. Posee una profundidad de 1,30m, lo que permite el ingreso de la radiación solar en la masa líquida.

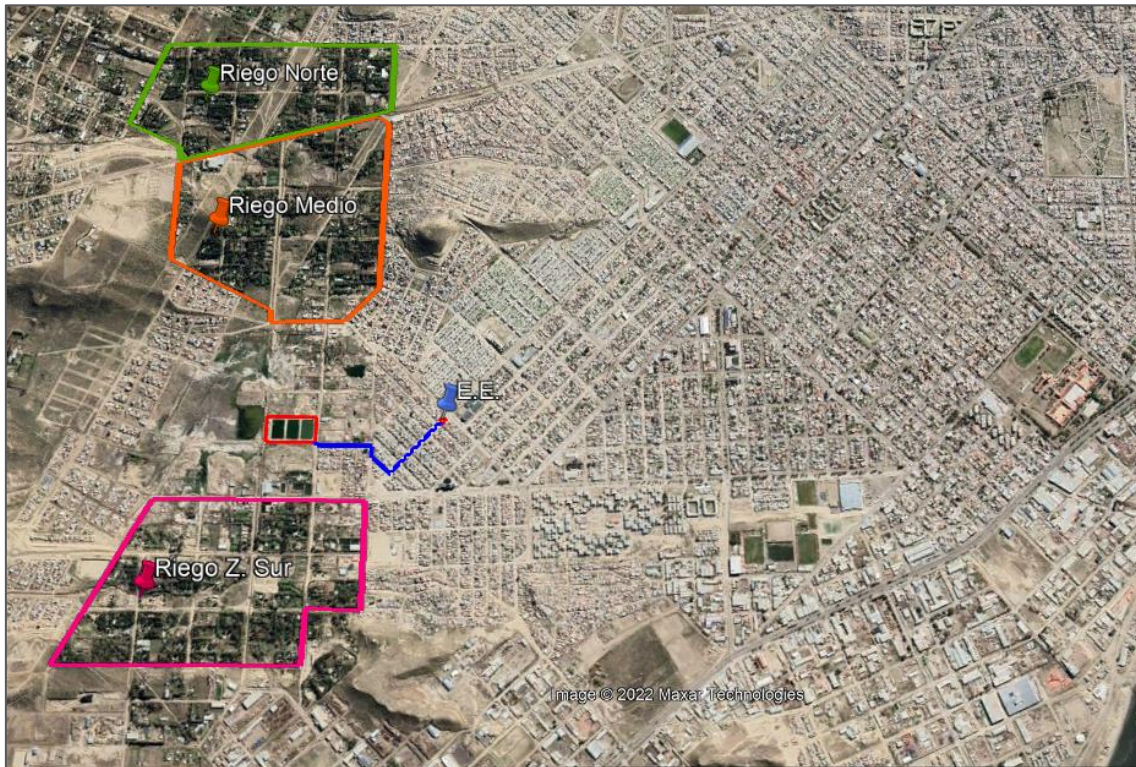
Finalmente, la tercera y última laguna tiene una profundidad de 0,70m que permite el ingreso de la radiación solar y consecuente desinfección.

Debido a la baja profundidad de las últimas dos, el proyecto considera el sistema con dos lagunas de maduración en serie.

Mediante una cámara de contacto se realiza el ajuste final de desinfección, el cual se realiza con hipoclorito de sodio. Al salir de esta, el agua tratada llega a una estación de bombeo, donde se impulsa a la red distribuidora para riego. El equipo de impulsión previsto para el agua tratada son dos bombas Worthington de 50hp, una en servicio y una en reserva.

La red principal de agua tratada abastece tres zonas bien diferenciadas: Zona Sur, Zona Media y Zona Norte.

El Marco Regulatorio restringe el riego únicamente para Árboles y pasturas. Los principales árboles que se observan son Álamos, Sauces, Eucaliptos y Tamariscos; así también césped, arbustos y ligustrina.



Área de riego

En cuanto a los parámetros de diseño para todo el sistema, se destacan los siguientes:

- Caudal medio diario: **3000m<sup>3</sup>/día**.
- DBO<sub>5</sub> promedio de afluentes: **0,220kg/m<sup>3</sup>**.
- DBO<sub>5</sub> promedio de efluente: **0,040kg/m<sup>3</sup>**.
- 4 aireadores DINAIRE UR550 de eje oblicuo. 15HP c/u.
- E.E.: Bomba Flygt 3101-HT-C252. 1500m<sup>3</sup>/día. 2x1
- E. Bombeo agua tratada: Bomba centrífuga Worthington 50HP. 3000m<sup>3</sup>/día. 1x1.

## 4.2. Estado Actual de las Instalaciones.

### 4.2.1 Estación Elevadora (EE)

La estación elevadora se encuentra en buen estado en general, manteniendo las condiciones de seguridad necesarias (rejillas, barandas, escaleras, iluminación, aparejo) y tableros de comando. Actualmente cuenta con dos equipos de bombeo en paralelo, sin

el equipo de reserva. En cuanto a la cañería de impulsión, mantiene la misma traza, material y diámetro de proyecto.

Aguas arriba de la estación elevadora se encuentra una cámara con rejas metálicas para retención de sólidos gruesos y así proteger las bombas.



*Estación Elevadora*

#### 4.2.2 Planta de tratamiento de efluentes cloacales (PTEC).

Realizando una inspección visual del predio donde se encuentra la PTEC, se observa que toda la infraestructura (taludes de piletas, aislaciones, accesos, etc) se encuentran en buen estado en general, demostrando que se le ha dado un mantenimiento satisfactorio.

El predio se encuentra iluminado y cercado en su totalidad. Se observa señalización vertical en las zonas de equipos electromecánicos (aireadores), como así también en los gabinetes y casa química. Existe presencia de malezas y aves en los alrededores de las lagunas.



### *Señalización Vertical*

La cañería de impulsión se extiende desde la Estación Elevadora hasta la laguna aireada, en un punto interior a esta. Es importante mencionar que las instalaciones no cuentan con medidores de caudal de entrada, como canaletas Parshall, vertedero o caudalímetros.

En cuanto a las lagunas de tratamiento, no se encontraron planos de conforme a obra. Sin embargo, las dimensiones de estas fueron registradas por los operarios de las instalaciones en los momentos de mantenimiento realizados oportunamente. Las tres lagunas presentan la misma superficie, variando únicamente en la profundidad, las cuales se consideran teóricas:



$$L = 70m$$

$$B = 50m$$

$$h_{aireada} = 3,30m$$

$$h_{sedim} = 1,50m$$

$$h_{madur} = 0,70m$$

De los aireadores previstos por proyecto (4), actualmente solo dos de ellos se encuentran en funcionamiento. Además, se encontraron diferencias a los indicados en la Memoria Descriptiva. Se resalta que la potencia de los motores no se modificó, manteniendo lo previsto en el proyecto, 15HP.

Sobre las orillas de la **laguna aireada**, se observaron sólidos voluminosos no sedimentables. No se registraron espumas ni presencia de aves, como así tampoco desprendimiento de olores que no sean propios del tipo de tratamiento.

La **laguna de sedimentación** presenta un aspecto bueno en general. No se detectaron presencia de sólidos voluminosos no sedimentables. En este caso, se detecta la presencia de diferentes especies de aves. No se detecta desprendimiento de olor.

En cuanto a la **laguna de maduración**, se observa la presencia de aves. El color del agua es verde oscuro, propio de una laguna de estas características. No se detecta desprendimiento de olor.

La conexión entre lagunas se realiza mediante cañería subterránea. La primera y segunda laguna no cuentan con ningún muelle o cámara interior que facilite la toma de muestras. Respecto a esto, la laguna de maduración posee un muelle que permite alcanzar una zona aceptable para toma de muestras.

No se encontraron elementos que permitan determinar el nivel de agua en las lagunas.



*Lagunas aireadas*



*Laguna de sedimentación*



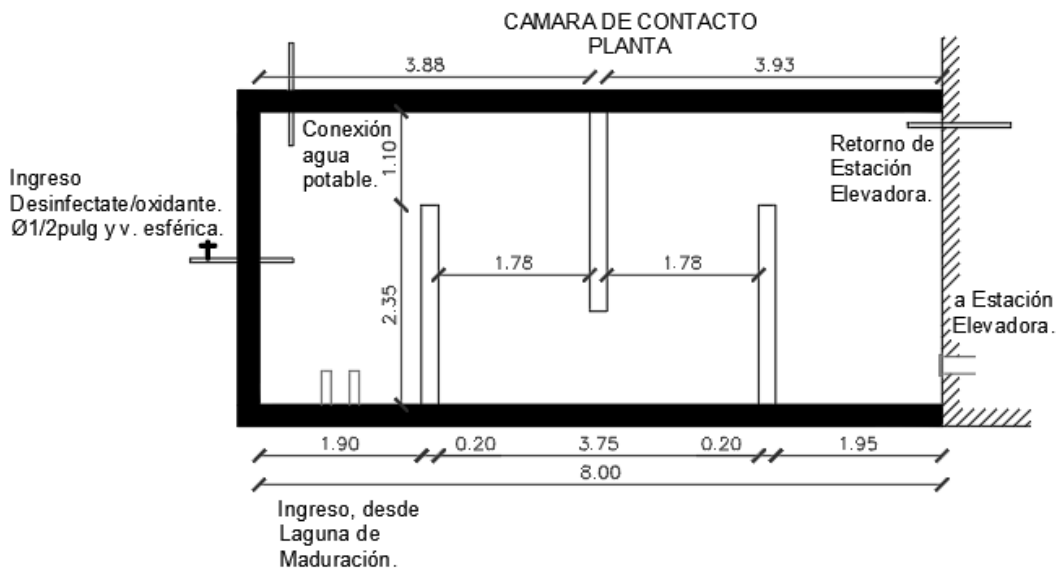
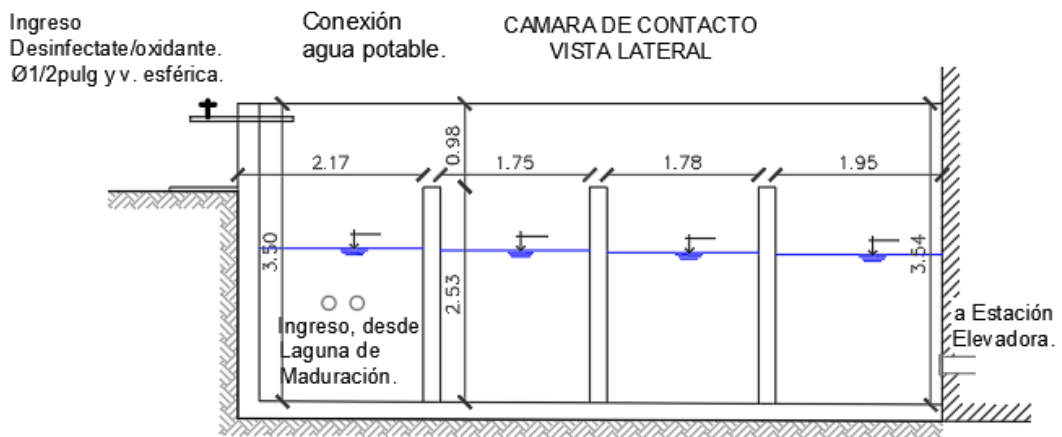
*Laguna de maduración*

Desde la laguna de maduración, mediante una cañería subterránea se alcanza la **cámara de contacto**. La misma está construida de hormigón en su totalidad, las dimensiones se muestran en la figura de abajo.

En esta se realiza la desinfección, mediante el agregado de hipoclorito de sodio. El mismo se reserva en un tanque de PCV con capacidad de 1000lt, y se coloca mediante una cañería de 1/2" en las cercanías del ingreso a la cámara, regulada manualmente con una válvula esférica.



Cámara de contacto



Conectada directamente a la salida de la cámara de contacto se encuentra la estación elevadora de agua tratada. En este caso se observan diferencias entre los equipos electromecánicos indicados en la memoria descriptiva del proyecto y en los equipos actuales.

Según proyecto, la estación elevadora de agua tratada estaría compuesta por dos bombas centrifugas Worthington de 3000m<sup>3</sup>/día de 50hp cada una, una en funcionamiento y una en reserva. Actualmente existe una única bomba en funcionamiento, cuya potencia es de 20hp.

Finalmente, el agua tratada es impulsada a través de una red de acueductos para luego ser distribuida a los usuarios.



*Estación de bombeo agua tratada.*



### 4.3. Operación.

La Sociedad Cooperativa Popular Limitada (SCPL), concesionaria de la planta, realiza los controles de efluente quincenalmente. Uno de los principales parámetros medidos, y utilizado en el diseño del proyecto, es la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>).

En estos, se observaron parámetros fuera de los límites establecidos en el Marco Regulatorio (MR) y alejados de los esperados por diseño, evidenciando así un funcionamiento anómalo en el sistema de tratamiento.

#### 4.3.1 Estación Elevadora:

No se encontraron planos conforme a obra de la estación elevadora.

Como se mencionó anteriormente, los equipos de bombeo corresponden a los especificados en el proyecto, y el accionamiento de estos es de manera automática según el nivel de agua en la cámara.

El sistema está provisto por un contador de horas el cual registra el tiempo de accionamiento de los equipos.

Además, en esta se encuentra un *by-pass* que, cuando los equipos se encuentran en mantenimiento, se deriva el agua cruda hacia otro colector cloacal que conduce a un cuerpo receptor.

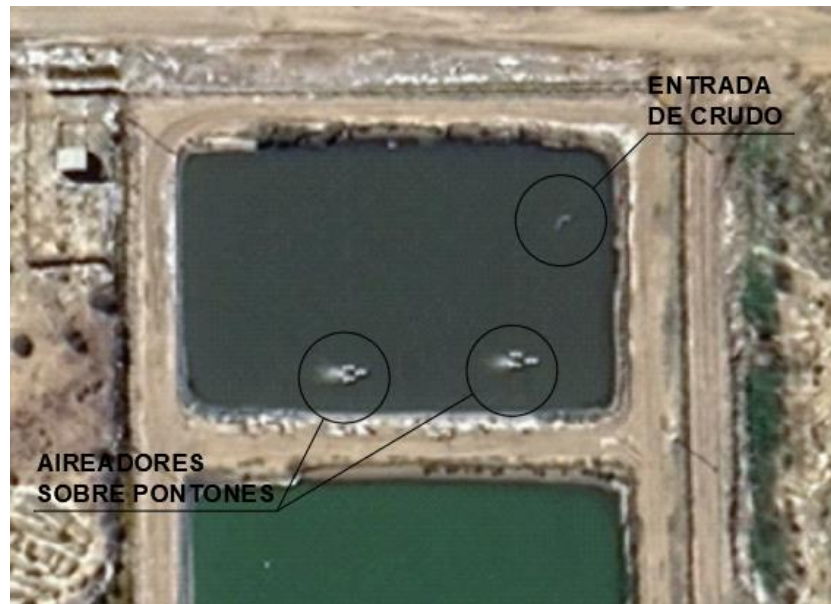
#### 4.3.2 Laguna aireada. Operación de aireadores

De los dos equipos de aireación actualmente en funcionamiento, se puede destacar aspectos de maniobras realizadas en la operación/instrumentación:

- El ingreso del afluente a la laguna aireada se realiza desde la descarga de la cañería de impulsión.
- Los aireadores se activan según la siguiente frecuencia

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
ON	ON	OFF	OFF	ON	OFF	OFF

- Se realizan mediciones periódicas de Oxígeno Disuelto y pH.
- Los aireadores se ubican según se muestra en la imagen de abajo



*Punto de ingreso cloacal crudo a laguna aireada  
Configuración aireadores*

- Los equipos de aireación toman aire del ambiente y lo inyectan en la masa líquida. Sin embargo, se observa que esta inyección es próxima a la superficie libre. No se obtuvieron datos de la profundidad de inyección.



*Imagen aireadores en laguna aireada*

#### 4.3.3 Laguna de sedimentación y Laguna de maduración.



Tanto la laguna de sedimentación como la de maduración no poseen elementos electromecánicos. Presentan un color aceptable típico de sus características.

#### 4.3.4 Cámara de contacto y bombeo de agua tratada.

La cloración se realiza con hipoclorito de sodio al 8ppm. Se almacena en un tanque de PVC y llega a la cámara de contacto mediante una cañería de 1/2". La regulación del caudal de hipoclorito se realiza de manera manual mediante una válvula esférica.

El equipo de bombeo de agua tratada está conectado directamente a la cámara de contacto.

La demanda de agua tratada para riego es superior a la que ingresa al sistema de tratamiento, si bien no se ha podido medir el caudal medio de salida, esto se ve evidenciado por la baja del nivel de agua en las lagunas. Por este motivo el equipo de bombeo se activa únicamente según la disponibilidad de agua tratada y no de manera automática como el caso de la EE de crudo.

Mientras los equipos no están activos, la válvula de regulación de hipoclorito de sodio se encuentra cerrada.

## 5. MARCO REGULATORIO.

Los límites de vuelco de aguas residuales tratadas para ser *reutilizadas como agua de riego* están establecidos en la **Ordenanza N°7199/00 "Parámetros Microbiológicos Límites en agua para Riego"** y la **Ley Provincial N°1540/16 "Agua de Riego"**.

Se describe brevemente cuales son los puntos de interés que están al alcance de este trabajo. Los textos completos se adjuntan como Anexo I y Anexo II.

### 5.1 Ley provincial N°1540

Establece los límites de vuelco de efluentes sobre un cuerpo receptor, como así también las restricciones para agua de riego y otros usos (agua de bebida para ganado, reserva para extinción de incendios y utilización en obras).



La **Tabla A: “Directrices para interpretar la calidad de agua de riego”** muestra los límites de vuelco de parámetros físico-químicos, siendo los más significativos y de nuestro interés los que se detallan a continuación:

Parámetro	Unidad	Grado de restricción de uso		
		Ninguno	Suave a Moderado	Severo
Nitrógeno en Nitratos NO <sub>3</sub> -N	mg/lit	< 5	5 – 30	>30
Cloro Residual	mg/lit	< 1	1 - 5	>5
pH		Rango normal: 6,50 – 8,4		
DBO <sub>5</sub>	mg/lit	< 50		
Grasas y Aceites	mg/lit	< 10		

Los grados de restricción están referidos a la **FAO (Food and Agriculture Organization): calidad de agua para agricultura**.

En cuanto a los parámetros bacteriológicos se resumen en la **Tabla A: “Directrices sobre la calidad parasitológica y microbiológica de aguas residuales para uso en agricultura”**, siendo los más significativos y de nuestro interés los que se detallan a continuación:

Categoría	Condiciones de reúso	Grupo expuesto	Nematodos Intestinales	Coliformes fecales [NMP/100ml]
B	Riego restringido. Cereales, cultivos industriales, forrajes, pasturas y arboles	Agricultores, pero no niños < 15 años, comunidades cercanas	≤ 0,10	≤ 10 <sup>3</sup>
	Césped en donde el público puede		≤ 0,10	≤ 200



	tomar contacto directo			
--	------------------------	--	--	--

Es importante resaltar que, debido a que se trata de un sistema de tratamiento mediante lagunas, la DBO<sub>5</sub> medida a la salida del tratamiento corresponde a la DBO filtrada.

### 5.2 Ordenanza N° 7199/00

La **Ordenanza N°7199/00: Parámetros Microbiológicos Límites en agua para riego** sigue las directrices recomendadas por la OMS del año 1989, y se muestran en la tabla de abajo:

Categoría	Condiciones de aprovechamiento	Grupo expuesto	Nematodos intestinales	Coliformes fecales
B	Riego de cultivos de cereales industriales y forrajeros, praderas y árboles	Trabajadores	< 1,00	No se recomienda ninguna norma

Las dos normativas tienen la misma clasificación de uso, sin embargo los límites de vuelco difieren entre ellas. Nuestro caso particular corresponde a la clasificación **B “Riego restringido Cereales, cultivos industriales, forrajes, pasturas y árboles”**. Se desestima la restricción por Técnica de Riego ya que no en Comodoro R. no existe restricciones en cuanto a la forma de riego.

	Categoría	Condición de uso	Grupo expuesto	Nemátodos intestinales	Coliformes fecales	Tratamiento de agua residual necesaria.
Ley 1540	B	Riego restringido cereales, cultivos	Agricultores, niños,	≤ 0,10	≤ 1x10 <sup>3</sup> *	IV

		industriales, forrajes, pasturas y árboles.	comunidades cercanas.			
Ordenanza 7199	B	Riego de cultivo de cereales industriales y forrajeros, praderas y arboles	trabajadores	<1,00	No se recomienda ninguna. **	Retención en estanques de estabilización.

\*≤200 para césped públicos como hoteles donde el público puede tomar contacto directo.

\*\* La ordenanza 7199 establece límites únicamente para riegos de **categoría A “Riego de cultivo que comúnmente se consumen crudos, campos de deportes, parques públicos”** (< 200 C. Fecales/100ml)

En cuanto a los parámetros físico-químicos, las únicas restricciones establecidas se exponen en la Tabla A de la ley 1540.

## 6. PLAN DE MUESTREO.

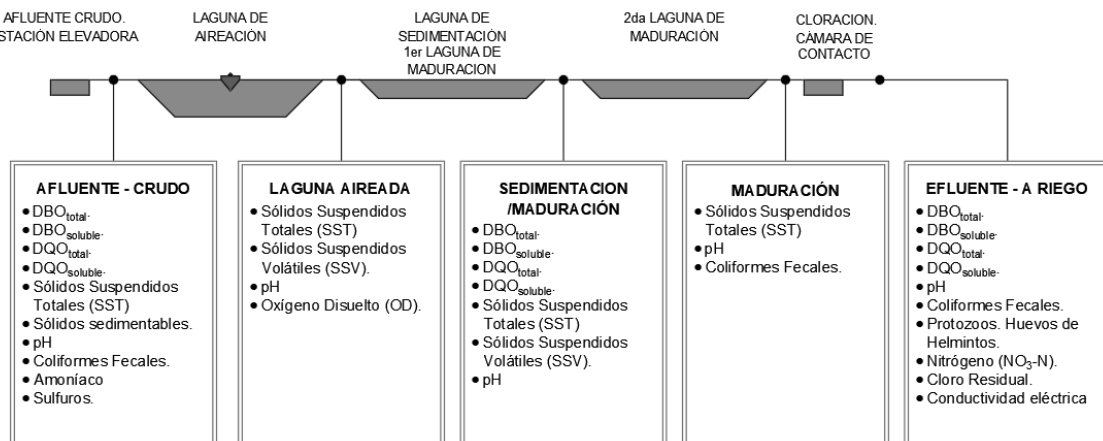
En vista de analizar el estado actual y eficiencia del sistema de depuración se deben conocer los valores de parámetros que intervienen en cada etapa. Para esto se propuso un Plan de Muestreo y un método para determinar el caudal.

### 6.1. PLAN DE MUESTREO

#### Puntos de muestreo y Parámetros a definir

Siguiendo recomendaciones del *Manual de Plantas Depuradoras (Volumen 1)* de AySA, se definieron los puntos de muestreos. Asimismo, en función de la finalidad de cada una de las etapas de tratamiento se establecieron los parámetros a medir.

En todos los casos se realizó muestreo manual.





### Crudo o afluyente:

La toma de muestra del agua cruda se realizó en la Estación Elevadora, ya que es el único acceso antes de llegar a las lagunas de tratamiento.

*Por motivos operativos y económicos, se realizó un único muestreo.* Se evaluaron parámetros de caracterización general de un líquido cloacal: carga orgánica carbonácea degradable y no biodegradable mediante los parámetros DBO y DQO (total y filtrada), carga orgánica nitrogenada mediante amoníaco, contenido de sólidos sedimentables y en suspensión, indicadores de patógenos fecales mediante los coliformes fecales, etc.

*Dadas las variaciones horarias y características de los líquidos cloacales domiciliarios, con el objeto de hacerlo más representativo se obtuvo una "muestra compuesta".*

### Laguna Aireada:

La toma de muestra se realizó en las cercanías del caño de salida de la laguna, considerando que este era el punto más representativo para analizar el agua de proceso y las características del agua que ingresa a la laguna de sedimentación.

### Laguna de Sedimentación:

La muestra se tomará en la cercanía de la salida de la laguna. Se evaluarán los parámetros antes mencionados, y serán útil para analizar la eficiencia de remoción de DBO y sólidos en suspensión.

### Laguna de Maduración:

Se determinarán los parámetros de vuelco referidos a la desinfección. Esto no solo servirá para evaluar la eficiencia de las lagunas de maduración en serie, sino también para evaluar el proceso de desinfección final en la Cámara de Contacto que se encuentra aguas abajo.

### Cámara de Contacto:

Considerando que la cloración es la última etapa de tratamiento, se deberán medir todos los parámetros expuestos en el Marco Regulatorio y que tienen alcance en este trabajo:

- $DBO_{Total}$ .
- $DBO_{Soluble}$ .
- $DQO_{Total}$  y  $DQO_{Soluble}$ .
- *Coliformes Fecales.*
- *Nitrógeno amoniacal ( $NO_3-N$ ).*



- *Cloro Residual.*
- *pH.*
- *Grasas y Aceites.*
- *Conductividad Eléctrica.*

### *Frecuencia de muestreo.*

Una vez definidos los puntos de muestreos y los parámetros de interés en cada uno de ellos, y en vista de tener un panorama de la evolución del tratamiento, se define la siguiente frecuencia de muestreo:

- *Crudo: Una única muestra compuesta*
- *Lagunas y Cámara de Contacto: Una muestra puntual por semana. Cuatro (4) semanas consecutivas.*

*Esta frecuencia se definió en base de factores económicos y operativos.*

*Debido a la rotura de la cañería de impulsión desde la Estación Elevadora de crudo la Planta de Tratamientos de Efluentes estuvo fuera de servicio desde el 01 de junio 2021, iniciando el funcionamiento el 30 de agosto del 2021. Por este motivo, se decidió iniciar el muestreo el 02 de octubre a fin de otorgar tiempo para la restauración del sistema biológico.*

## **6.2. ESTIMACION DE CAUDALES.**

Debido a que las instalaciones no cuentan con algún elemento para medir caudales, este se estimó con los datos disponibles.

La primera alternativa que se planteó fue estimar el caudal a partir de las conexiones domiciliarias de las viviendas que se conectan a la red y que llegan hasta la planta, con este número y la dotación de agua potable afectada por un factor de vuelco, se obtendría un valor de caudal aceptable. Sin embargo, no se tuvo acceso a la cantidad de conexiones. Por este motivo, fue necesario adoptar otra metodología.

Los datos que se tenían al alcance eran aquellos que intervienen en la Estación Elevadora de crudo, por lo que se trabajó con estos. Se determinó el caudal instantáneo con un caudalímetro ultrasónico sobre la cañería de impulsión. Como es evidente, este caudal únicamente circula cuando las bombas están accionando, y puede considerarse constante por ese período.



Con el caudal así determinado y el contador de horas de accionamiento de las bombas, dato disponible y registrado por el operador, podrá estimarse el volumen total de agua que ingresa a la planta en un período determinado. Luego se podrá estimar un valor de caudal medio diario.

## 7. RESULTADO DE MUESTREO, ANÁLISIS, CÁLCULOS Y DIAGNOSTICO.

### 7.1. RESULTADOS DE MUESTREO.

El muestreo se inició el día 01 de octubre de 2021, tomando muestra del líquido crudo desde la estación elevadora.

Posteriormente se continuó con la toma de muestras en las lagunas y cámara de contacto, según lo indicado en el punto **6.1 “Plan de Muestreo”**.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Crudo-afluente: muestra compuesta.

01-Oct-21		
<i>Parámetro físico -químico</i>	Valor	Unidades
DBO <sub>total</sub> =	662	mg/l
DBO <sub>soluble</sub> =	217	mg/l
DQO <sub>total</sub> =	1780	mg/l
DQO <sub>soluble</sub> =	528	mg/l
SST =	4006	mg/l
SS <sub>2hs</sub> =	88	ml/l
pH =	8.22	
N Amoniacal =	23.3	mgNH <sub>3</sub> -N/l

*Según bibliografía, los valores de DBO, DQO, SST y SS podrían corresponder a un líquido cloacal domiciliario de concentración elevada (Cap. 3, “Características de las Aguas Residuales”, Metcalf y Eddy).*

<i>Parámetro bacteriológico</i>	Valor	Unidades
Coliformes Fecales =	1x10 <sup>10</sup>	NMP/100ml

En este punto se observa que el contenido de DBO es particularmente elevado para el agua residual del sector, y muy diferente al esperado por el proyecto original. Esto se analizará mas adelante (apartado elevado para 7.3.2. Parámetros de Agua Cruda).

**Laguna aireada:**

Parámetro	12-oct-21	20-oct-21	02-nov-21	10-nov-21	Valor medio
SST [mg/lit]	177	558	133	157	256
SSV [mg/lit]	156	479	112	128	218
pH	7.90	8.10	7.60	7.80	7.90
OD [mg/lit]	-	1.8	-	-	1.80

*La medición de Oxígeno Disuelto (OD) se realizó in situ, durante del muestreo.*

**Laguna sedimentación:**

Parámetro	12-oct-21	20-oct-21	02-nov-21	10-nov-21	Valor medio
SST [mg/lit]	115	357	129	62	165
SSV [mg/lit]	96	304	123	51	144
DBO <sub>5</sub> [mg/lit]	173	167	86	108	134
DQO	392	442	241	322	349

**Laguna maduración:**

Parámetro	12-oct-21	20-oct-21	02-nov-21	10-nov-21	Valor medio
SST [mg/lit]	74	184	63	77	100
pH	7.60	7.90	7.70	7.80	7.70
Col. Fecal/100ml	1.00x10 <sup>4</sup>	1.00x10 <sup>3</sup>	1.00x10 <sup>4</sup>	1.00x10 <sup>3</sup>	5.50x10 <sup>3</sup>

**Cámara de Contacto:**

Parámetro	12-oct-21	20-oct-21	02-nov-21	10-nov-21	Valor medio
DBO [mg/lit]	151	83	76	127	109
DBO <sub>soluble</sub> [mg/lit]	99	64	68	81	78
DQO [mg/lit]	379	242	229	384	309
DQO <sub>soluble</sub> [mg/lit]	214	204	220	207	211
Grasas y A. [mg/lit]	27	24	44	52	37
C.E. [μS/cm]	1214	1136	1404	1237	1248
Cloro resid [mg/lit]	0.19	0.03	1.2	1.08	0.62
pH	8.20	8.00	7.70	7.70	7.90
NH <sub>3</sub> -N [mg/lit]	23	25	22	24	24
Coli. Fecal/100ml	1.00x10 <sup>2</sup>	1.00x10 <sup>3</sup>	1.00x10 <sup>2</sup>	1.00x10 <sup>4</sup>	2.80x10 <sup>3</sup>

Para el alcance del presente trabajo, los datos obtenidos se consideran suficientes para analizar el funcionamiento del sistema y verificar cumplimiento de la normativa vigente para el efluente de PTEC.



## 7.2. COMPARACIÓN DE LÍMITES DE VUELCO.

A continuación se comparan los parámetros de vuelco del agua tratada obtenidos en el muestreo con aquellos expuestos en el Marco Regulatorio, y que están al alcance de este trabajo.

Parámetro	Valores de muestreo				Marco Regulatorio
	12-oct-21	20-oct-21	02-nov-21	10-nov-21	
DBO [mg/l]	151	83	76	127	< 50
DQO [mg/l]	379	242	229	384	-
Grasas y A. [mg/l]	27	24	44	52	< 10
Conductividad eléctrica (CE) [dS/m]	1,21	1,13	1,40	1,23	0,70 – 3,00
Cloro resid [mg/l]	0.19	0.03	1.2	1.08	1 – 5
pH	8.22	8.04	7.71	7.68	6,50 – 8,40
Coli. Fecal/100ml (*)	1.00x10 <sup>2</sup>	1.00x10 <sup>3</sup>	1.00x10 <sup>2</sup>	1.00x10 <sup>4</sup>	≤ 5,6x10 <sup>2</sup>

(\*) Valor de media geométrica según lo recomendado por Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales.

Se observa que existen parámetros que se encuentran fuera de los límites establecidos por el Marco Regulatorio, como lo es la DBO y Grasas y Aceites. En el análisis que se realizará en este trabajo, se intentará encontrar las razones por la cual se producen estos desvíos

Es importante mencionar que, si el método de determinación de grasas y aceites corresponde a alguno de los mencionados en los **Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales**, estos definen “aceite y grasa es cualquier material recuperado como sustancia soluble en triclorotrifluoroetano. Incluye otros materiales por el disolvente de una muestra acidificada (tales como los compuestos de azufre, ciertos tintes orgánicos y la **clorofila**) y no volatilizados durante la prueba”. Por lo tanto, dado el sistema de tratamiento que estamos analizando, donde mayoritariamente se desarrollan algas (laguna de maduración), la clorofila de estas podría interferir en exceso sobre el valor final de este parámetro de aceite y grasas.

Además, se resalta que la planta de tratamiento no posee y no tiene previsto sistemas de separación de grasas y aceites.

## 7.3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO

### 7.3.1. Estimación de Caudal de entrada de Planta (afluente).

Dado que la línea de tratamiento no cuenta con algún dispositivo de medición (canaleta Parshall, vertedero, caudalímetro) es necesario estimar el caudal con los datos disponibles.

Una posibilidad es la estimación del caudal a partir de la dotación de agua potable de la población a la que sirve la planta, el cual se afectaría por un factor de vuelco. Sin embargo, no fue posible obtener datos claros de la cantidad de conexiones y el tamaño de la red que interviene.

Por este motivo, se decidió trabajar con los parámetros que intervienen en la estación elevadora de crudo.

En la estación elevadora de líquido cloacal crudo, se encuentra instalado un contador de horas que indica el tiempo de accionamiento de los equipos.

Mediante un caudalímetro ultrasónico, durante el accionamiento de los equipos de bombeo, se ha medido el caudal instantáneo que circula por la cañería de impulsión que llega a la laguna aireada.



De lo anterior se obtiene la siguiente información:

- Horas de accionamiento de los equipos:
  - Bomba 1: 501,02hs
  - Bomba 2: 809,97hs

Se observa que la Bomba 2 ha estado activa mayor tiempo que la 1. Dado que desconocemos el caudal instantáneo de una bomba (menor al registrado por ultrasonido) y del período en el que estuvo activa, únicamente a efectos de continuar con el análisis de este trabajo, se adoptará un valor medio del tiempo de accionamiento suponiendo las dos bombas activas:



**Tiempo activo: 655,50hs**

El período durante el que se registraron las mediciones anteriores es (*Datos aportado por operador*):

- Inicio: 14/05/2021
- Fin: 07/12/2021
- **días: 207días**

Sin embargo, debido a la falla en la cañería de impulsión, el equipo de bombeo estuvo fuera de servicio por el siguiente período:

- Detención de bombeo: 01/06/2021
- Inicio de bombeo: 30/08/2021
- **días sin actividad: 90días**

La cantidad de días efectivos en los que funcionaron los contadores de las bombas son:

**Días efectivos: 117días**

- Caudal instantáneo registrado por caudalímetro ultrasónico:

$$Q_{instantaneo} = 71,61 \frac{m^3}{h}$$

Con el tiempo de accionamiento de los equipos de bombeo (recordar que se adoptó un valor medio) y el caudal impulsado se puede calcular el volumen total de agua residual que llegó a la Planta de Tratamiento durante el período analizado.

$$V = Q_{inst} \cdot t$$
$$V = 71,61 \frac{m^3}{h} \cdot 655,50hs$$
$$V = 46940m^3$$

Si a este volumen lo dividimos por la cantidad de días efectivos que estuvo activo el bombeo, podremos estimar el caudal medio diario para dicho período:

$$Q = \frac{V}{días}$$
$$Q = \frac{46940m^3}{117día}$$
$$Q = 401,2 \frac{m^3}{día}$$



De este análisis se puede destacar que el valor de caudal afluente calculado es considerablemente menor al esperado por diseño y, dada la fecha de proyecto y puesta en marcha de la planta, se esperaba un valor próximo al máximo de diseño. Con esto pueden deducirse dos hipótesis:

- la cantidad de conexiones es menor a las esperada por el proyecto.
- la red colectora indicada en la memoria de proyecto fue modificada, derivando caudal hacia otro destino.

### 7.3.2. Parámetros de Afluente (agua de ingreso al sistema).

Del resultado de muestreo se observa que la DBO total de agua cruda es un valor elevado para efluentes domiciliarios. Dado que el punto de muestreo fue la Estación Elevadora, podría considerarse que el tiempo de residencia en esta es relativamente alto, generando sedimentación (sólidos que podrían haber sido removidos e incluidos en la muestra) y descomposición anaeróbica.

Por este motivo, se decidió tomar una muestra directamente desde la red, ingresando desde una boca de registro aguas arriba de la Estación Elevadora.

Si bien se entiende que de tomar una nueva muestra de agua cruda correspondería analizar nuevamente todos los puntos en cada etapa de tratamiento, al objetivo de este trabajo se continuará con los datos ya recopilados.

Es importante resaltar que, al momento de esta última toma de muestra, la PTEC se encontraba fuera de servicio, ya que los aireadores estaban en reparación.

Los parámetros a determinar en esta nueva muestra corresponderán únicamente a la DBO total, DQO total, SS y pH.

Así, los nuevos datos obtenidos son los siguientes:

31 enero 2023		
Parámetro	Valor	Unidades
DBO <sub>total</sub> =	194	mg/l
DQO <sub>total</sub> =	256	mg/l
SS <sub>10'</sub> =	2.50	ml/l
SS <sub>2hs</sub> =	2.00	ml/l
pH =	7.39	



### 7.3.3. Eliminación de DBO: Laguna Aireada – Laguna de Sedimentación).

#### **Eficiencia del sistema de depuración.**

La eficiencia del sistema de depuración de materia orgánica se determina mediante la diferencia entre la carga orgánica total de ingreso de la planta y a la salida del reactor.

$S_0$  → DBO total en afluente [mg/lit]

$S$  → Valor medio de DBO<sub>soluble</sub> en efluente [mg/lit]

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100$$

$$E = \frac{194 - 78}{194} \times 100$$

$$E = 59,8\%$$

La eficiencia del proceso de depuración es considerablemente baja, inferior a lo que se espera por proyecto (82%).

#### **Tiempo de permanencia hidráulica:**

En este caso en particular de laguna aireada, el tiempo de permanencia hidráulica es coincidente con el de permanencia celular ( $t = \theta_c$ ).

Como se mencionó anteriormente, no se dispone de los planos conforme a obra. Por esta razón no es posible medir el volumen de las lagunas, y para los cálculos debemos estimar un volumen teórico basado en los parámetros de proyecto:  $Q, V, t_h$

Los datos de proyecto que relacionan el volumen teórico son:

$$t_h = 2,50 \text{ días} \rightarrow \text{dato de proyecto}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 3000 \text{ m}^3/\text{día} \rightarrow \text{dato de proyecto}$$

$$V_{\text{teórico}} = Q_{\text{diseño}} \cdot t_h$$

$$V_{\text{teórico}} = 7500 \text{ m}^3 \rightarrow \text{dato teórico.}$$



Para los cálculos que se realizarán en adelante, se utilizará este *volumen teórico*, ya que no se obtuvieron datos y/o planos de la inclinación del talud de la pileta para calcular el volumen real. Como se mencionó oportunamente, las únicas dimensiones obtenidas fueron dadas por el operador y corresponden únicamente a la superficie y profundidad de las mismas. Así, las tres lagunas presentan la misma superficie: 70mx50m, variando la altura entre ellas:  $h = 3,30\text{m}$  laguna aireada;  $h=1,30\text{m}$  laguna sedimentación;  $h=0,70\text{m}$  para laguna de maduración.

Con el valor del caudal medio diario obtenido en el apartado **7.3.1 “Estimación de Caudal de entrada de Planta (afluente)”**, se calcula el tiempo de retención.

$$Q_c = 401,20 \text{ m}^3/\text{día}$$

Finalmente:

$$t_h = \frac{V}{Q_c}$$
$$t_h = \frac{7500\text{m}^3}{401,20 \text{ m}^3/\text{día}}$$
$$t_h = \mathbf{18,70\text{días}}$$

Se observa que el tiempo de retención hidráulica estimado es considerablemente mayor al teórico (2,50 días).

### **Coefficiente de remoción de DBO, $k'$ :**

La ecuación que gobierna la transformación de materia orgánica tiene la siguiente forma (Von Sperling. Waste Stabilisation Ponds):

$$S = \frac{S_0}{1 + k' \cdot Xv \cdot t}$$

El coeficiente cinético ( $k' \cdot Xv$ ); representa la tasa de utilización de sustrato en función del crecimiento biológico. El valor de la constante  $k'$  es un valor empírico, el cual pretendemos verificar que se encuentre dentro de los valores habituales utilizados en la bibliografía.

$$k' \left[ \frac{L}{\text{mgDBO} \cdot \text{día}} \right] \rightarrow \text{Constante de remoción de DBO.}$$

$$Xv = 218,75 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} \rightarrow \text{Valor medio de Sólidos Volátiles en la laguna de aireación, obtenido en el muestreo.}$$

$$t = 18,7\text{días} \rightarrow \text{Valor tiempo de residencia obtenido en el apartado anterior.}$$



Despejando el coeficiente de remoción de DBO:

$$k' = \left[ \frac{S_0}{S} - 1 \right] \cdot \frac{1}{Xv \cdot t}$$
$$k' = \left[ \frac{194 \frac{mg}{lt}}{78 \frac{mg}{lt}} - 1 \right] \cdot \frac{1}{218,75 \frac{mg}{lt} \cdot 18,7d}$$
$$k' = 0,00036 \frac{lt}{mgDBO \cdot d}$$

La unidad lt/mgDBO/d representa la relación entre el volumen de la laguna y la cantidad de DBO removida. Este valor indica que, por cada litro de volumen de la laguna de tratamiento, se remueven 0.00036 mg de DBO por día.

La evaluación de un valor bajo de K' (como 0.00036) indica una baja eficiencia de remoción de DBO, lo cual puede deberse a factores como:

- Baja carga orgánica inicial.
- Insuficiente área de tratamiento.
- Falta de oxígeno disuelto.
- Temperatura del agua fuera del rango óptimo.
- Presencia de inhibidores biológicos.

Si lo comparamos con valores estándares, los valores típicos de K' para lagunas de tratamiento son:

- 0.001-0.01 lt/mgDBO/d (baja eficiencia).
- 0.01-0.1 lt/mgDBO/d (media eficiencia).
- 0.1-1 lt/mgDBO/d (alta eficiencia).

### **Nivel de energía:**

El nivel de energía en una laguna de tratamiento de efluentes es un parámetro importante que influye en la eficiencia del proceso de tratamiento.

Se define como la potencia de suministrada para aireación respecto al volumen de la laguna. Para asegurar la dispersión de sólidos suspendidos en esta, el nivel de energía debe ser mayor a 3.00 W/m<sup>3</sup> (Von Sperling). Si bien este parámetro sirve como indicador, debe verificarse la distribución y eficiencia de equipos instalados.

Como se mencionó oportunamente, sistema de aireación de la laguna se modificó respecto al de proyecto, cambiando agitadores por difusores/injector de aire, y disminuyendo la cantidad de 4 a 2. La potencia del motor es la misma, 15hp.



El nivel de energía en una laguna de tratamiento de efluentes se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Nivel de energía (E)} = (P / V)$$

Donde:

E = Nivel de energía (W/m<sup>3</sup>)

P = Potencia (W)

V = Volumen de la laguna (m<sup>3</sup>)

$$E = \frac{P}{V} \geq 3,00 \text{ W/m}^3$$

$P = 15hp = 11175W$  → Potencia de aireador.

$n = 2$  → cantidad de aireadores.

$V = 7500m^3$  → volumen calculado de laguna aireada.

$$\phi = \frac{P}{V} \geq 3,00 \text{ W/m}^3$$

$$\phi = \frac{2 \cdot 11175W}{7500m^3}$$

$$\phi = 2,98 \cong 3,00 \frac{W}{m^3}$$

Este nivel de energía de 3 W/m<sup>3</sup> en una laguna de tratamiento de efluentes es considerado moderado. Los efectos asociados con este nivel de energía en lagunas de tratamiento secundario o terciario con un caudal de entrada moderado (0,1-1 m<sup>3</sup>/s) y una profundidad de la laguna media (2-5 m) se consideran eficientes en remoción de carga orgánica (70-90%) y moderadas en remoción de nutrientes (40-60%), además de generar un buen control de algas.

Entonces, la potencia instalada existente (2 aireadores) podría aportar la energía suficiente para remover la carga orgánica según lo valores recomendados, pero, es posible que haya acumulación de sedimentos

### **Sedimentación:**

Como se mencionó en otros capítulos, los SSV generados en la laguna aireada ( $Xv$  – *biomasa*) se pueden eliminar por varios métodos. Uno de los métodos utilizados es por sedimentación; donde los SSV sedimentan en el fondo de la laguna.



Para obtener sólidos con buenas características de sedimentación es necesario una correcta aireación y transferencia de oxígeno en toda la masa líquida, de tal manera que permita el crecimiento microbiano (materia orgánica) facilitando la remoción de sólidos suspendidos y mejorando así la eficiencia del tratamiento.

La eficiencia está dada por la siguiente expresión:

$$E = \frac{Xv_1 - Xv_2}{Xv_1} \cdot 100$$

$Xv_1 = 218,75 \frac{mg}{lt}$  → valor medio de Sólidos Suspendidos Volátiles en salida de laguna aireada.

$Xv_2 = 143,50 \frac{mg}{lt}$  → valor medio de Sólidos Suspendidos Volátiles en salida de laguna sedimentación

$$E = \frac{218,75 - 143,50}{218,75} \cdot 100$$

$$E = 34,3\%$$

La eficiencia de eliminación de sólidos por sedimentación es considerablemente baja. Esto puede atribuirse a varios factores físicos, como tamaño de partícula demasiado pequeño, densidad baja de los sólidos, profundidad de la laguna insuficiente, factores químicos, pH fuera del rango óptimo (6,5-8,5), alta concentración de iones inhibidores como el  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$ , presencia de sustancias químicas que inhiben la coagulación; factores biológicos, que haya una baja actividad biológica; factores operativos, como excesiva carga orgánica, un tiempo de retención insuficiente, falta de mantenimiento.

### **Tiempo de permanencia en Laguna de Sedimentación:**

Debido a que no se tienen datos de proyecto para realizar comparaciones de carga superficial u otro parámetro, únicamente se verificará el tiempo de permanencia,  $t$ .

Al igual que en el caso anterior, se estima el volumen de la laguna según los datos de permanencia y caudal de proyecto:

$$t_h = 1,67 \text{ días} \rightarrow \text{dato de proyecto}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 3000 \text{ m}^3/\text{día} \rightarrow \text{dato de proyecto}$$

$$V = Q_{\text{teórico}} \cdot t_{\text{teórico}}$$

$$V = 3000 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \cdot 1,67 \text{ d}$$

$$V = 5000 \text{ m}^3$$



Con el valor del caudal medio diario obtenido en el apartado **7.3.1 “Estimación de Caudal de entrada de Planta (afluente)”**, se calcula el tiempo de residencia.

$$Q_C = 401,20 \text{ m}^3/\text{día}$$

Finalmente:

$$t_h = \frac{V}{Q_C}$$

$$t_h = \frac{5000 \text{ m}^3}{401,20 \text{ m}^3/\text{día}}$$

$$t_h = 12,5 \text{ días} = 299 \text{ hs}$$

Se asume que verificando el tiempo de retención de diseño (1,67 días) se estaría cumpliendo con los requerimientos para sedimentación.

Por lo tanto, no sería este el factor que disminuye la eficiencia de eliminación de sólidos por sedimentación.

#### 7.3.4. Desinfección: Laguna de maduración. Cámara de Contacto.

La eficiencia de un sistema de lagunas de Maduración debe alcanzar valores del orden de 99,9% ó 99,99% (Von Sperling). En este caso se analiza la desinfección entre el afluente de entrada y efluente a la salida de 2da laguna de maduración:

$$E = \frac{N - N_0}{N}$$

$N = 1,00 \times 10^{11}/100 \text{ ml}$  → Concentración de coliformes fecales en agua cruda.

$N_0 = 5,50 \times 10^3/100 \text{ ml}$  → Concentración de coliformes fecales a salida de laguna de maduración. Valor medio.

$$E = \frac{1,00 \times 10^{11}/100 \text{ ml} - 5,50 \times 10^3/100 \text{ ml}}{1,00 \times 10^{11}/100 \text{ ml}}$$

$$E = 0,99999$$

Si bien la eficiencia de remoción es alta, se debe observar que el valor a la salida de las lagunas de maduración esté dentro de los límites establecidos por el Marco Regulatorio.



### **Tiempo de permanencia en Laguna de Maduración:**

Dado que la eficiencia de remoción de patógenos es alta y el tiempo de permanencia es mayor al de proyecto (como se verifica a continuación), no se analizará el coeficiente de caída de coliforme  $K_b$  ( $N = N_0 e^{-K_b \cdot t}$ )

$t_{teórico} = 26hs = 1,08d \rightarrow$  tiempo de residencia expuesto en Memoria Descriptiva.

$Q_{teórico} = 3000 \frac{m^3}{d} \rightarrow$  Caudal de diseño expuesto en Memoria Descriptiva.

Como en el caso de la laguna de aireación, al no contar con los planos de la planta, estimaremos el volumen de la laguna de maduración con los datos teóricos:

$$V = Q_{teórico} \cdot t_{teórico}$$

$$V = 3000 \frac{m^3}{d} \cdot 1,08d$$

$$V = 3250m^3$$

Con el valor del caudal medio diario obtenido en el apartado **7.3.1 “Estimación de Caudal de entrada de Planta (afluente)”**, podremos obtener el tiempo de residencia.

$$Q_c = 401,20 m^3 / día$$

$$t = \frac{V}{Q}$$

$$t = \frac{3250m^3}{401,2 \frac{m^3}{d}}$$

$$t = 8,10d = 194hs$$

El tiempo de retención es considerablemente mayor al de proyecto, lo cual podría favorecer el crecimiento de algas, oxigenación y consecuentemente la desinfección. Nuevamente, se debe considerar que las algas aportan DBO, y que al momento de ser evaluada para el vuelco, el agua tratada debe ser filtrada.

En este punto, se resalta que el tiempo de retención para la laguna de maduración que se indica en la Memoria descriptiva del proyecto (26hs), resulta particularmente bajo según las recomendaciones de la bibliografía.

### **Cámara de Contacto:**

El ajuste final en desinfección se realiza en la cámara de contacto, mediante la incorporación de hipoclorito de sodio.



Debido a que el efluente circula únicamente cuando el equipo de bombeo de efluente de salida esta activo, y que no se han tomado muestras en esta situación, no es posible evaluar con certeza la eficiencia de la mezcla del oxidante.

Por esta razón se evaluarán los parámetros principales que intervienen en el diseño de la cámara de contacto.

Siguiendo las recomendaciones del ENOSHA (*Fundamentaciones VII – 07*), para asegurar una buena mezcla en una cámara de contacto, el **gradiente de velocidad (G)** generado debe tener un valor de  $70 - 10\text{seg}^{-1}$ , y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$G = \frac{Q}{A} \cdot \sqrt{\frac{13 + 9f}{18} \cdot \frac{\rho}{\mu} \cdot \frac{m^3}{T}}$$

Dado que la salida de la cámara de contacto está conectada directamente al equipo de bombeo de agua tratada, para nuestro análisis se utilizará el caudal de esta última.

$Q = 110 \frac{m^3}{h}$  → Caudal equipo de bombeo de agua tratada.

$A = b \cdot H$  → Área transversal del canal (entre tabiques)

$f = 0,020$  → Coeficiente de Darcy. Se adopta un valor habitual para la rugosidad del Hormigón.

$\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$  → densidad de agua. Valor adoptado.

$\mu = 1,307 \times 10^{-3} \frac{N \cdot s}{m^2}$  → viscosidad dinámica del agua. Valor adoptado.

$\nu = \mu / \rho = 1,307 \times 10^{-6} \frac{m^2}{seg}$  → densidad cinemática.

$m = 4$  → Cantidad de canales.

$T = \frac{L}{U}$  → tiempo de permanencia.

$L = 16,66m$  → Longitud total de los canales.

Retomando las dimensiones de la cámara de contacto en el apartado 4.2, podemos realizar los siguientes cálculos:

- área transversal de canales

$$A = b \cdot H$$

$$A = 1,78m \cdot 2,13m$$

$$A = 3,79m^2$$



- Velocidad media en canal

$$U = \frac{Q}{A}$$

$$U = \frac{110 \frac{m^3}{h}}{3,79 m^2}$$

$$U = 29,01 \frac{m}{h} = 0,01 \frac{m}{seg}$$

- Tiempo de permanencia:

$$T = \frac{L}{U}$$

$$T = \frac{16,66 m}{0,01 \frac{m}{seg}}$$

$$T = 2067,2 seg = 34,45 min$$

Finalmente, el gradiente de velocidades es:

$$G = \frac{Q}{A} \cdot \sqrt{\frac{13 + 9f}{18} \cdot \frac{1}{v} \cdot \frac{m^3}{T}}$$

$$G = \frac{0,03 \frac{m^3}{seg}}{3,79 m^2} \cdot \sqrt{\frac{13 + 9 \cdot 0,02}{18} \cdot \frac{1}{1,307 \times 10^{-6} \frac{m^2}{seg}} \cdot \frac{4^3}{2067,2 seg}}$$

$$G = 1,06 \frac{1}{seg}$$

De los cálculos anteriores se puede observar que el gradiente de velocidad es menor a lo recomendable. Asimismo, la velocidad de circulación también es menor a la mínima recomendable.

$$G = 1,06 \frac{1}{seg} < 10 \frac{1}{seg} \text{ mínimo recomendable}$$

$$U = 0,01 \frac{m}{seg} < 0,10 \frac{m}{seg} \text{ mínimo recomendable}$$

$$T = 34,45 min > 30 min \text{ máximo recomendable}$$

#### 7.4. RESUMEN - CONCLUSIONES.

De todo lo expuesto anteriormente, se mencionan los desvíos observados en el funcionamiento de la PTEC:



- **Caudal de entrada.** El caudal estimado es considerablemente menor a la capacidad máxima de la planta, 402,2m<sup>3</sup>/día contra 3000m<sup>3</sup>/día. Si bien esto no representa un desvío o mal funcionamiento, es importante señalarlo para poder aumentar la capacidad de tratamiento y, en consecuencia, mayor efluente para ser utilizado como agua de riego.
- **Laguna aireada.** baja eficiencia en la transformación de materia orgánica (59,8%), la cual está asociada a la deficiente aireación. Si bien se analizó que el nivel de energía ( $E=P/V$ ) existente está dentro del límite sugerido por la bibliografía, esta condición no sería suficiente para garantizar que el oxígeno disuelto alcance todo el volumen de la laguna, sino que también dependerá de la distribución de los aireadores sobre la superficie de la laguna, profundidad a la que se inyecta el aire y que actualmente los aireadores funcionan de manera intermitente.
- **Agitadores/aireadores.** Aireadores funcionando de manera intermitente, comprometiendo el nivel de oxígeno en todo el volumen de agua en la laguna. La disposición de los mismos no sería la más indicada para que todo el líquido que ingrese a la laguna pase por la zona de aireación.
- **Sedimentación:** Baja eficiencia en laguna de sedimentación.
- **Cámara de Contacto.** Diseño de cámara de contacto no se ajusta a las recomendaciones del ENOHSA. Además, la inyección de desinfectante se realiza de manera casi puntual y con bajo gradiente de velocidad para generar la mezcla deseada.
- **Estación efluente tratado.** Debido a que la estación de bombeo de agua tratada no acciona de manera automática, los tiempos de accionamiento deben ajustarse según el caudal de entrada.

A continuación, se realizarán una serie de comentarios y propuestas que podrían mejorar el proceso de tratamiento de la PTEC.



## 8. PROPUESTAS PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE DEPURACIÓN.

Hasta aquí se han realizado diferentes cálculos y análisis para describir el comportamiento actual del proceso de tratamiento y detectar así los parámetros que se alejan de lo esperado por diseño. Sin embargo, es importante resaltar que la cantidad de datos que se han podido recopilar son insuficientes para justificar los cálculos anteriores y sus conclusiones, y que solo se justifican al alcance de este trabajo.

Por este motivo, los lineamientos realizados hasta aquí y las propuestas que se presentan a continuación podrían utilizarse únicamente como una guía inicial o punto de partida para un estudio más profundo y detallado.

Dicho lo anterior, se pueden plantear dos líneas de propuestas:

Propuestas de mínima: implica pequeñas modificaciones en las instalaciones existentes, sin necesidad de grandes inversiones de dinero.

Propuestas de máxima: implica una situación potencial, donde se aumentaría la capacidad y eficiencia de la planta de tratamientos, realizando inversiones significativas de dinero.

### 8.1. PROPUESTAS DE MÍNIMA.

#### Estación Elevadora de crudo.

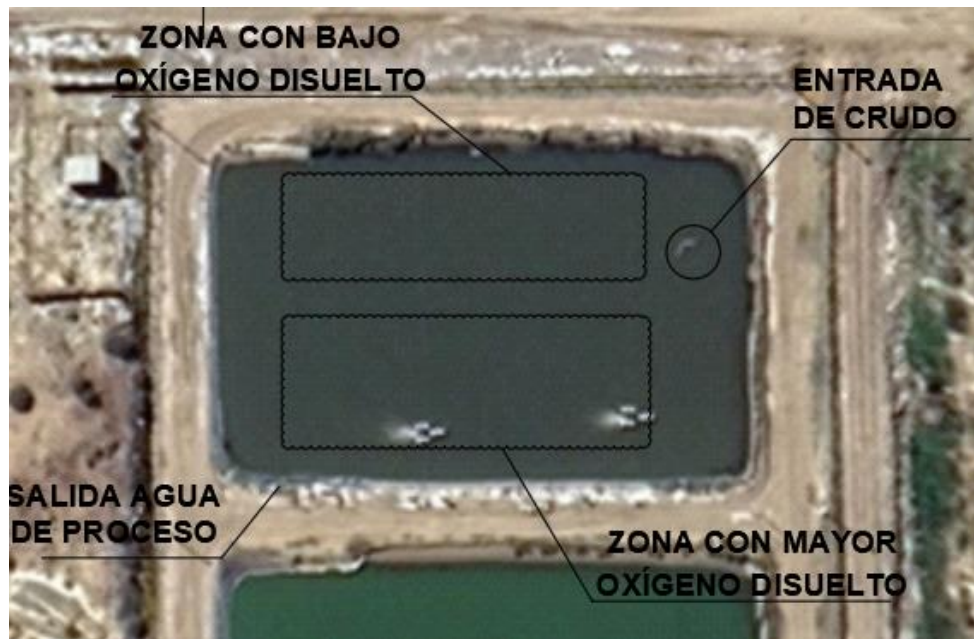
Considerando que no existen planos de conforme a obra, se propone que durante los periodos de mantenimiento se realice un relevamiento de la infraestructura de la estación, verificar los sensores de nivel que permiten que las bombas arranquen y paren automáticamente impidiendo un rebalse de la cámara. Además, colocar nuevos filtros tipo canasto para retener los sólidos gruesos.

#### Reubicación de aireadores.

Como primera observación, se advierte que los aireadores deben estar encendidos de manera permanente.

Actualmente los aireadores están ubicados cercanos a uno de los márgenes de la laguna (Artículo 4.3.2). A simple vista, no se evidenció la presencia de cortocircuitos.

Dada la poca área de incidencia que se observa de los aireadores, podrían existir sectores de la laguna con diferentes concentraciones de oxígeno disuelto. Esto podría verificarse midiendo la concentración de oxígeno (OD) en diferentes puntos de la laguna.



*Posibles zonas con diferentes concentraciones de oxígeno disuelto. OD*

De existir grandes diferencias de OD en los puntos medidos, podrá adoptarse una configuración de los equipos que asegure que todo el líquido pase por la zona de los aireadores.

Existen algunos puntos a tener en cuenta para la ubicación de aireadores. Deben ubicarse en zonas de baja velocidad de flujo, utilizar aireadores sumergibles, minimizar la interferencia del flujo de entrada y los aireadores. La ubicación de estos cerca del flujo de entrada puede causar algunos inconvenientes:

- Crear cortocircuitos.
- Alteración del flujo de entrada causando turbulencia y reduciendo la eficiencia de la laguna.
- Aumenta la posibilidad de obstrucción de aireadores.
- En algunos casos, dificulta el mantenimiento de los aireadores.

Teniendo en cuenta que las guías que sujetan los aireadores son fijos, no hay muchas alternativas para estas *propuestas de mínima*. Se propone el siguiente esquema que, de adoptarse, deberá ser monitoreado su efectividad:



*Propuesta de reubicación de aireadores*

### **Sedimentación:**

Como se mencionó en los apartados anteriores, existe una baja eficiencia en la sedimentación.

Para generar mejores condiciones de sedimentación en una laguna de tratamiento, se debe asegurar un tiempo de retención adecuado (TR) para permitir la sedimentación de partículas. Mantener una velocidad de flujo baja (0,1-0,3 m/s) para minimizar la turbulencia. Mantener el nivel de la laguna, evitar sobrecargas para así mantener la carga orgánica adecuada

Al implementar estas estrategias, se pueden mejorar las condiciones de sedimentación en una laguna de tratamiento y aumentar la eficiencia del proceso.

### **Maduración:**

Dado que presentan un buen comportamiento a la desinfección, no se realizan comentarios al respecto. La baja profundidad resulta satisfactoria para la penetración de la radiación solar y consecuente desinfección.



### **Cámara de Contacto:**

Es conveniente reubicar el punto de inyección del desinfectante, intentando que sea lo más próximo posible al ingreso de agua en la cámara de contacto. Asimismo, modificar la manera en que este se coloca, intentando que se distribuya en todo el ancho de la cámara.

### **Relevamiento de Lagunas:**

Dado que no se han encontrado planos de conforme a obra de las lagunas, es de gran utilidad realizar el relevamiento de las mismas. Este se podría realizar por una batimetría, con la metodología que se considere más convenientes.

Las medidas de las lagunas serán de utilidad para obtener el volumen real de estas (recordar que se trabajó con un valor teórico) y realizar los correspondientes cálculos y verificaciones, acumulación actual de lodos y establecer tiempo de limpieza.

## **8.2. PROPUESTAS DE MÁXIMA.**

Las propuestas de máxima consisten en: aumentar el caudal de crudo, conectando nuevas redes cloacales; proponer el sistema de aireación para el nuevo caudal estimado, modificaciones en la cámara de contacto para asegurar mayor gradiente y mejor mezcla.

### **8.2.1. INCREMENTO DE CAUDAL.**

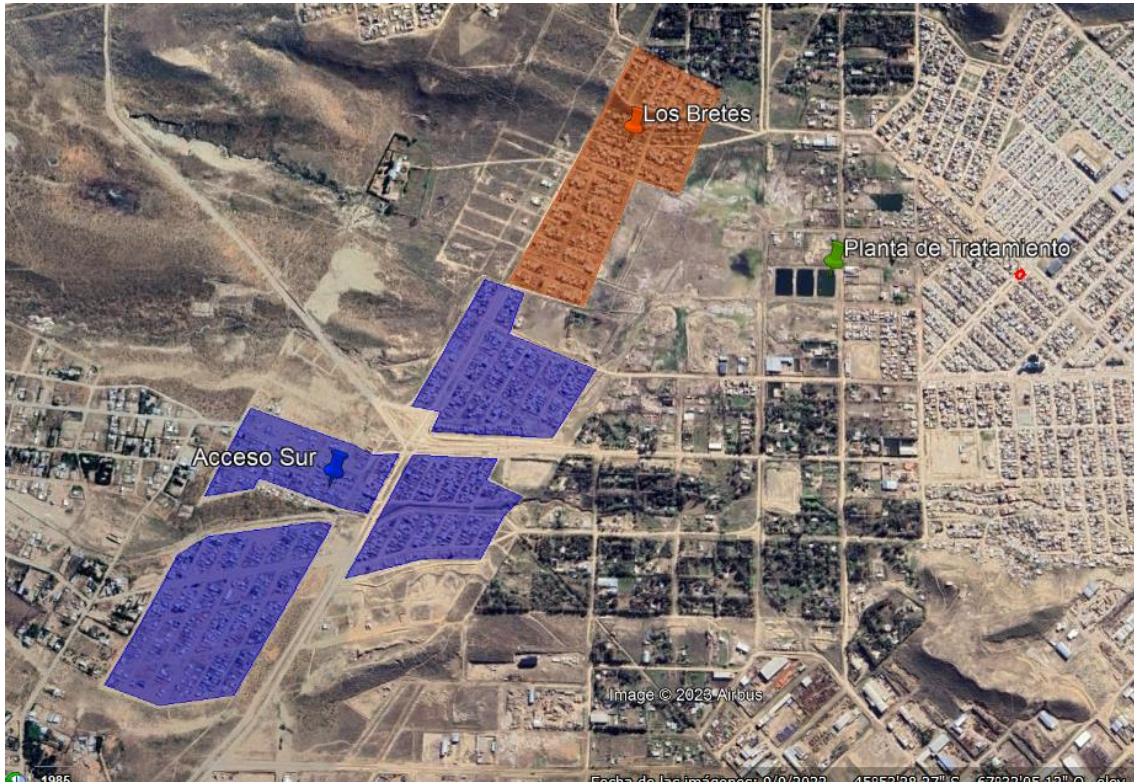
#### **Estimación de Caudal a conectar. Barrios sin red cloacal.**

Dado que el caudal de agua cruda que actualmente ingresa a la planta es mucho menor al de proyecto ( $402,2\text{m}^3/\text{día}$  contra  $3000\text{m}^3/\text{día}$ ), es posible cubrir mayor demanda de usuarios y así aumentar el caudal de agua a tratar.

Modificar las redes cloacales existentes para llevar los efluentes hasta la estación elevadora y posteriormente a la Planta de Tratamiento presenta una gran dificultad. Por otro lado, considerando que los barrios más nuevos de la zona no cuentan con red cloacal, se propone que los efluentes generados por estos sean derivados a la Planta de Tratamiento. Las obras que esto demande requiere de estudios que están fuera del alcance de este trabajo, por lo tanto, solo se estimará el caudal que aportaría dicha población.

Los barrios que están consolidados y podrían conectarse al sistema de tratamiento son:

**Los bretes y Acceso Sur.**



Desde el portal de **Datos Abiertos de la Dirección de Investigación Territorial dependiente de la Municipalidad de Comodoro Rivadavia**, indican que la población de estos es la siguiente:

Barrio	Población [hab]	Superficie [m <sup>2</sup> ]
Los Bretes	847	179647
Acceso Sur	1977	442584
<b>Total</b>	<b>2824</b>	

Población y Viviendas 2010: Censo Nacional de Población y Vivienda I.N.D.E.C (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) Procesados por el módulo Infraestructura de Datos Especiales (I.D.E) de la Dirección General de Estadísticas y Censos de la Provincia del Chubut (DGEyC) Población y Viviendas estimadas procesadas en base a fuentes secundarias de información.

**NOTA:** Los barrios mencionados corresponden a habitantes de ingresos medios a bajos. Considerando el elevado costo de construcción y la incertidumbre económica que se atraviesa (2022), estimar una población futura llevaría un estudio amplio, el cual no es objeto de este trabajo.



El uso de suelo en los sectores considerados es residencial, por ello la dotación de agua potable por habitante se establece en 350lt/hab·día. Siguiendo recomendaciones del ENOHSA (CoFAPyS), el factor de vuelco será 0,80. Con estos valores se establecerá el caudal medio diario que se podría conectar al sistema de tratamiento, y lo designaremos con  $Q'_c$ .

$$\delta = 350 \text{ lt/hab} \cdot \text{día}$$

$$FdV = 0,80$$

$$Q'_c = P \cdot \delta \cdot FdV$$

$$Q'_c = 2824 \text{ hab} \cdot 350 \text{ lt/hab} \cdot \text{día} \cdot 0,80$$

$$Q'_c = 790720 \text{ lt/d} = 790,7 \text{ m}^3/\text{d}$$

Si bien se mencionó que no se estudiarán las obras necesarias para coleccionar este caudal, es importante resaltar que si este se envía a la Estación Elevadora existente, los tiempos de accionamiento de las bombas serán más frecuentes, con el consecuente aumento de consumo de energía y frecuencia de mantenimiento de los equipos. Por otro lado, si el caudal actual y el que se pretende conectar llegan a la misma cámara, permitirá una mezcla uniforme.

Así, el caudal total que ingresaría a la Planta será:

$$Q_{c,Total} = Q_c + Q'_c$$

$$Q_{c,Total} = 401,2 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} + 790,7 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

$$Q_{c,T} = 1191,9 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

### **Tiempos de retención hidráulico.**

Recordando el volumen de las lagunas y el nuevo caudal  $Q_{c,T}$ , se pueden calcular los tiempos de retención hidráulico para cada una de las lagunas.

$$t_h = \frac{V}{Q_{c,T}}$$

	V teórico [m <sup>3</sup> ]	Tiempo de permanencia [días]		
		Proyecto	calculado	Recomendado
Laguna aireada	7500	2,50	6.3	2 – 4
Laguna de sedimentación	5000	1,67	4.2	1 – 2



Laguna de maduración	3250	0,66	2.7	3 – 30
----------------------	------	------	-----	--------

Como se observa en el cuadro, los tiempos de retención calculados en la **propuesta de máxima** siguen siendo mayores en comparación a los indicados en proyecto original y a los que se encuentran en la bibliografía. Esto se debe a que el caudal que se pretende conectar no alcanza la capacidad máxima para la cual fue diseñada la planta, 3000m<sup>3</sup>/día. En este punto se pueden hacer una serie de comentarios para modificar los tiempos de retención a valores más próximos a los de diseño y/o recomendados por la bibliografía.

- Se podría seguir aumentando el número de conexiones hasta alcanzar un valor de caudal próximo al máximo de diseño, para esto se debería estudiar el estado de la red cloacal existente en otros barrios aledaños y obras que demandarían las modificaciones.
- Reducir el volumen de las lagunas mediante alguna metodología: relleno del fondo, o colocando pantallas de manera que se formen lagunas en serie o paralelo (analizando la mejor alternativa según la función de la laguna). Se debe tener en cuenta que tanto el relleno como las pantallas debería ser removibles en caso de ser necesario. En este punto, se requiere realizar el relevamiento de las lagunas.
- Además, debe tenerse en cuenta que según la Memoria Descriptiva del proyecto, la laguna de sedimentación también funcionaría como laguna de maduración, por lo que la permanencia total de las dos lagunas en conjunto sería de 6,90 días.

Dado el alcance de este trabajo, se continuarán los cálculos para los equipos de aireación con el caudal calculado,  $Q_{CT} = 1191,9 \frac{m^3}{d}$ .

### **Carga Orgánica de caudal $Q_{CT}$ .**

Dado que no es posible tomar una muestra de los efluentes de los usuarios que se pretende conectar al servicio, se propone estimar la carga orgánica del agua residual con **Factores de aportación unitaria** de habitantes (Metcalf&Eddy. Capítulo 5).

**TABLA 5-4**  
Factores de aportación per cápita a la contaminación

Constituyente	Valor, g/hab·día	
	Intervalo	Valor típico
Agua residual doméstica normal, sin la contribución de los residuos originados en la cocina		
DBO <sub>5</sub>	65-120	90
SS	65-125	100
Nutrientes <sup>a</sup>		
Nitrógeno amoniacal	2-4	3,5
Nitrógeno orgánico	6,5-13	10
Nitrógeno Kjeldahl total	10-15	13,5
Fósforo orgánico	1-2	1,5
Fósforo inorgánico	2-3,5	3,0
Fósforo total	3,5-5,5	4,0
Agua residual normal con la contribución de los residuos originados en la cocina <sup>b</sup>		
BOD <sub>5</sub>	90-130	110
SS	100-165	130

<sup>a</sup> Valores adaptados de la bibliografía [13].

<sup>b</sup> Los valores de los nutrientes son aproximadamente los mismos que para el caso en el que no interviene la contribución de los residuos originados en la cocina.

La tabla de arriba establece valores de referencia de la contribución media de DBO por habitante. Estableciendo el valor de 65gDBO/hab·día, y la dotación (de agua potable) afectada por el factor de vuelco visto anteriormente, obtendremos la concentración de carga orgánica del agua residual:

$$DBO_5 = \frac{\text{aportación por hab}}{\delta \cdot FdV}$$

$$DBO_5 = \frac{65 \frac{gDBO}{hab \cdot d}}{350 \frac{lt}{hab \cdot d} \cdot 0,80}$$

$$DBO_5 = 0,232 g/lt$$

Dado que la concentración de agua residual que actualmente llega a la planta (obtenida por muestreo) y la que se incorporaría (estimación) son 194mg/lt y 232mg/lt respectivamente, puede estimarse la concentración que resulta al sumar los dos caudales.

Así, podemos llamar:

- $Q_C = 402,2 \frac{m^3}{d}$  → Caudal que llega a la planta de tratamientos actualmente.
- $S_0 = 194 \frac{mgDBO_5}{lt}$  → Carga orgánica del agua residual cruda (muestreo).



- $Q'_C = 790,7 \frac{m^3}{d}$  → Caudal a conectar a la planta de tratamientos.
- $S'_0 = 232 \frac{mgDBO_5}{lt}$  → Carga orgánica del agua residual a conectar a la planta.
- $Q_{C,T} = 1191,9 \frac{m^3}{d}$  → Caudal Total que llegaría a la planta de tratamientos.
- $S_{0,T}$  → Carga orgánica total del agua residual que llegaría a la planta.

Planteando balance de masa:

$$Q_{C,T} \cdot S_{0,T} = Q_C \cdot S_0 + Q'_C \cdot S'_0$$

$$S_{0,T} = \frac{Q_C \cdot S_0 + Q'_C \cdot S'_0}{Q_{C,T}}$$

$$S_{0,T} = \frac{402,2 \frac{m^3}{d} \cdot 194 \frac{mgDBO_5}{lt} + 790,7 \frac{m^3}{d} \cdot 232 \frac{mgDBO_5}{lt}}{1191,9 \frac{m^3}{d}}$$

$$S_{0,T} = 219 \frac{mgDBO_5}{lt}$$

### Caudal Máximo Horario Anual.

Hasta ahora los caudales que se han analizado corresponden a caudales medios diarios. Para verificar los equipos de aireación, como se realizará más adelante, será necesario establecer el caudal máximo horario.

Este se obtiene de afectar el caudal medio diario por el coeficiente total máximo horario  $\alpha$ . Existen autores que expresan este factor en función de la población. Para nuestro caso, seguiremos los valores de referencia del ENOHSA, adoptando un coeficiente de  $\alpha = 2,30$ .

Población servida	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta$
500 h < P <sub>s</sub> ≤ 3.000 h	1,40	1,90	2,66	0,60	0,50	0,30
3.000 h < P <sub>s</sub> ≤ 15.000 h	1,40	1,70	2,38	0,70	0,50	0,35
15.000 h < P <sub>s</sub>	1,30	1,50	1,95	0,70	0,60	0,42

Así, el Caudal máximo horario será

$$Q_E = Q_{C,T} \cdot \alpha$$

$$Q_E = 1191,9 \frac{m^3}{d} \cdot 2,30$$

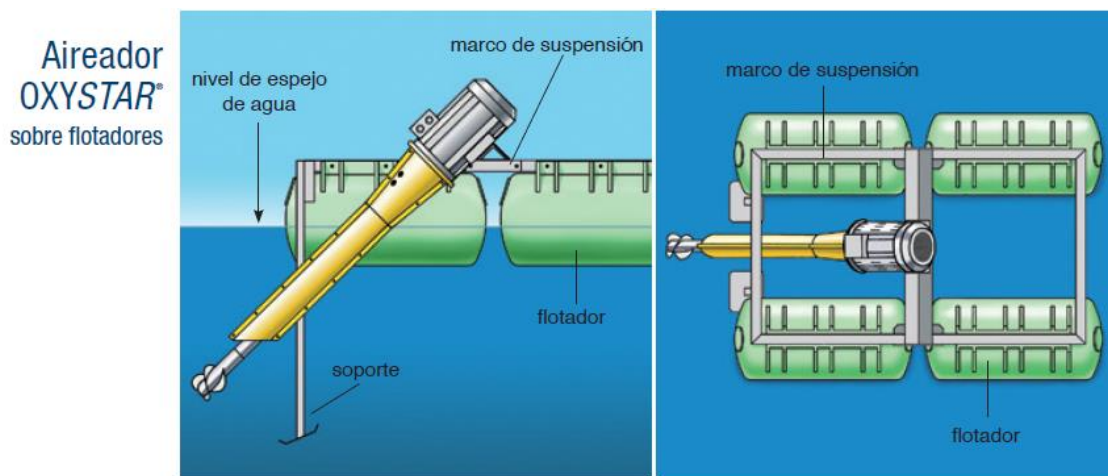
$$Q_E = 2741 \frac{m^3}{d}$$

*Nuevamente, es importante resaltar que no se han realizado estudios de población futura, y que estos valores de caudal representarían a la población actual a la que sirve la planta y la población existente que se desea conectar.*

### 8.2.2. MEJORAS EN EL SISTEMA DE AIREACION.

El sistema de aireación puede realizarse por distintos mecanismos: Difusores sumergidos, difusores superficiales y agitadores mecánicos.

Para mantener un esquema similar al que se encuentra funcionando actualmente en la planta, se adopta un sistema por **aireadores superficiales**. Además, la implementación de un sistema de aireación diferente implicaría la instalación de artefactos adicionales (sopladores y compresores), y obras complementarias para estos.



Los parámetros de agua a tratar son:

- $Q_E = 2741 \frac{m^3}{d}$  → Caudal máximo horario.
- $S_{0,T} = 219 \frac{mgDBO_5}{lt}$  → Carga orgánica de agua residual a tratar.
- $S = 40 \frac{mgDBO_5}{lt}$  → Carga orgánica esperada en agua tratada (proyecto original).

Para cumplir con el límite de vuelco, la DBO de agua tratada debe ser menor a 50mg/lit según el Marco Regulatorio. Se debe tener en cuenta que para nuestro caso, por ser un tratamiento mediante lagunas de maduración, se debe utilizar la DBO filtrada para que las algas generadas no alteren el valor final.

Se parte del supuesto de que toda la DBO utilizada se transforma en productos finales (materia biológica), y la demanda total de oxígeno se podría calcular estimando la  $DBO_{última}$  a partir de la  $DBO_5$ . En este caso adoptaremos la siguiente relación:

$$DBO_5 = 0,68 \cdot DBO_{última}$$



El caudal de oxígeno necesario para alcanzar la DBO última se puede estimar de la siguiente manera.

$$Q_{O_2} = \frac{(S_{0,T} - S) \cdot Q_E}{0,68}$$
$$Q_{O_2} = \frac{(219 \frac{mg}{lt} - 40 \frac{mg}{lt}) \cdot 2741 \frac{m^3}{d}}{0,68}$$
$$Q_{O_2} = 723 \frac{kgO_2}{d}$$

El caudal neto de aire que debe suministrarse a la laguna se expresa considerando el contenido de oxígeno en el aire.

$$Q_{a,neto} = \frac{Q_{O_2}}{\rho_{aire} \cdot \%O_2}$$

$$\rho_{aire} = 1,21 \frac{kg}{m^3} \rightarrow \text{Densidad del aire.}$$

$$\%O_2 = 0,23 \frac{kgO_2}{kgAire} \rightarrow \text{Contenido de oxígeno en aire}$$

$$Q_{a,neto} = \frac{723 \frac{kgO_2}{d}}{1,21 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,23 \frac{kgO_2}{kgAire}}$$
$$Q_{a,neto} = 2597 \frac{m^3}{d}$$

Uno de los parámetros que interviene en el proceso de aireación, y que corresponde con uno de los puntos deficientes detectados y evaluado en el apartado 7, es la **eficiencia en transferencia de oxígeno** (OTE). Este parámetro proporciona un valor para medir la eficiencia absoluta del proceso de aireación.

El parámetro de transferencia de oxígeno depende del tipo de aireador, tipo de burbujas, profundidad de aireador (tiempo de permanencia de burbuja), limpieza de difusores, etc. Por este motivo, es recomendable que para proyectos de plantas de tratamientos se realicen análisis en planta piloto.

La eficiencia de transferencia de oxígeno se evalúa en agua limpia (de red) y se compara con los resultados en agua de proceso (agua en el reactor), en ambos casos para condiciones estándar de presión y temperatura. Así, se define la **Eficiencia de Transferencia de Oxígeno estándar** para agua limpia (SOTE).



Otro parámetro de importancia que interviene en la aireación es la **tasa de transferencia de oxígeno (OTR)**, que define la capacidad del sistema de aireación independientemente de la eficiencia del equipo de aireación, y se define como:

$$OTR = K_L a \cdot (DO - DO_{Sat}) \cdot V$$

$K_L a$  → Coeficiente de transferencia de masa de  $O_2$ .

$DO$  → Oxígeno disuelto.

$V$  → Volumen del reactor.

La relación entre el coeficiente de transferencia de masa en agua de proceso y agua limpia se define como  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{K_L a \text{ agua de proceso}}{K_L a \text{ agua limpia}}$$

Se lo puede expresar como:

$$\alpha = \frac{\alpha SOTE \text{ (agua de proceso)}}{SOTE \text{ (agua limpia)}}$$

Donde:

$\alpha SOTE$  → eficiencia de transferencia de oxígeno de agua de proceso en condiciones estándar.

$SOTE$  → eficiencia de transferencia de oxígeno de agua de limpia en condiciones estándar.

Al alcance de este trabajo, y por cuestiones de tiempo de logística y económicas, se adoptará un coeficiente  $\alpha$  y una Eficiencia de Transferencia de Oxígeno sugerida por la bibliografía (Metcalf & Eddy).

$\alpha = 0,11 - 0,79 \rightarrow \alpha = \mathbf{0,40}$ . Adoptado

$SOTE = 15\% - 24\% \rightarrow \mathbf{SOTE = 15\%}$ . Adoptado

Así, la eficiencia en agua de proceso será:

$$\alpha SOTE = \alpha \cdot SOTE$$

$$\alpha SOTE = 0,40 \cdot 0,15$$

$$\alpha SOTE = \mathbf{0,06}$$

**TABLA 10-7**

Información típica de la eficiencia de transferencia de oxígeno de varios difusores en agua limpia<sup>a</sup>

Tipo de difusor y disposición	Caudal de aire, m <sup>3</sup> /h·difusor	SOTE (%), 4,5 m de sumergencia
Discos cerámicos - Malla	0,68-5,77	25-40
Domos cerámicos - Malla	0,85-4,24	27-39
Placas cerámicas - Malla	3,40-8,50	26-33
Tubos de plástico poroso rígidos		
Malla	4,07-6,80	28-32
Espiral doble	5,09-18,68	17-28
Espiral simple	3,40-20,37	13-25
Tubos de plástico poroso no rígidos		
Malla	1,70-11,88	26-36
Espiral simple	3,40-11,88	19-37
Tubos de membrana perforada		
Malla	1,70-6,80	22-29
Puntos equiespaciados	3,40-10,19	19-24
Espiral simple	3,40-10,19	15-19
Aireación por inyección		
Ubicación en un lateral	91,69-509,4	15-24
Difusores no porosos		
Espiral doble	5,60-16,98	12-13
Eje longitudinal	7,13-76,41	10-13
Espiral simple	16,98-59,43	9-12

Este valor de eficiencia corresponde a condiciones estándar de presión y temperatura, en caso de necesitar ajustar los parámetros a las temperaturas locales (5°C en invierno, 30°C en verano) se debería corregir por el factor correspondiente.

Para las consideraciones que se han realizado hasta aquí, este valor será suficiente para continuar con los cálculos.

Entonces, el caudal de aire total que deben suministrar los aireadores, conociendo la  $\alpha SOTE$ , será:

$$Q_{a,bruto} = \frac{Q_{a,neto}}{\alpha SOTE}$$

$$Q_{a,bruto} = \frac{2597 \frac{m^3}{d}}{0,06}$$

$$Q_{a,bruto} = 43290 \frac{m^3}{d}$$

Se debe establecer la cantidad de aireadores que suministren este caudal de aire,  $Q_{a,bruto}$ . Para esto, seleccionamos un producto del mercado que indique su capacidad:

OXYSTAR Tipo	Potencia nominal		Corriente nominal A	Longitud total mm	Peso kg	Profundidad de inmersión mm	Corriente de aire m³/h
	kW	hp					
OS 3.0	2,2	3,0	4,8	1.520	37	500	65
OS 4.0	3,0	4,0	6,5	1.580	44	500	85
OS 5.5	4,0	5,5	8,2	1.580	53	500	115
OS 7.5	5,5	7,5	11,4	1.730	57	600	130
OS 10.0	7,5	10,0	14,8	1.730	82	600	155
OS 15.0	11,0	15,0	21,0	2.170	102	800	190
OS 20.0	15,0	20,0	28,0	2.170	114	800	230
OS 25.0	18,5	25,0	35,0	2.220	135	800	280
OS 30.0	22,0	30,0	41,0	2.220	151	800	350

Información para motores de 400 V a 50 Hz. Otros voltajes y 60 Hz están disponibles a petición del cliente. La información esta sujeta a cambios técnicos.

Finalmente, adoptando un equipo de 25hp, la cantidad  $n$  de aireadores será:

- $P = 25hp = 18,5KW$
- $Q_i = 280\frac{m^3}{d} = 6720\frac{m^3}{d}$

$$n = \frac{Q_{a,bruto}}{Q_i}$$

$$n = \frac{43290\frac{m^3}{d}}{6720\frac{m^3}{d}}$$

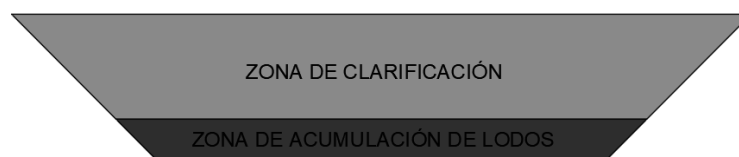
$$n \cong 6$$

### 8.2.3. SEDIMENTACIÓN

Cómo se mencionó anteriormente, las mejoras en el sistema de aireación permitirán aumentar el rendimiento en la transferencia de oxígeno en toda la masa líquida y, en consecuencia, favorecer el crecimiento biológico para su posterior sedimentación.

Como se verificó en el apartado **8.2.1. INCREMENTO DE CAUDAL**, el *Tiempo de detención* excede del valor recomendado.

Vale aclarar que el volumen total de la laguna de sedimentación se divide en dos sectores: el primero que corresponde a la clarificación o sedimentación, y el fondo para acumulación de barros.





Para la estimación de eficiencia de remoción y frecuencia de limpieza del fondo para las propuestas de máxima; se requerirán análisis que están fuera del alcance de este trabajo. Asimismo, será imprescindible el relevamiento y batimetría de la laguna.

A continuación, se realizarán algunos cálculos para estimar la DBO que escaparía de la laguna de sedimentación en forma de barro biológico.

Para tener una aproximación de los sólidos generados (SSV), se adoptan algunos parámetros habituales de la bibliografía y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$X_v = \frac{Y \cdot (S_0 - S)}{1 + K_d \cdot t}$$

$$Y = 0,60 \frac{mgX_v}{mgDBO_5} \rightarrow \text{coeficiente de rendimiento}$$

$$K_d = 0,06d^{-1} \rightarrow \text{coeficiente de respiración endógena}$$

$$t = 6,3d \rightarrow \text{tiempo de detención en laguna aireada}$$

$$X_v = \frac{0,6 \cdot (194 - 40)}{1 + 0,06 \cdot 6,3}$$

$$X_v = 67 \frac{mg}{lt}$$

Si se acepta una eficiencia de remoción del 82%, los sólidos que saldrían en el efluente serían:

$$X_{v \text{ efluente}} = \frac{100 - 82}{100} \cdot X_v$$

$$X_{v \text{ efluente}} = \frac{100 - 82}{100} \cdot 67$$

$$X_{v \text{ efluente}} = 12 \frac{mg}{lt}$$

De estos sólidos, que escapan de la laguna de sedimentación, parte de ella corresponde a DBO<sub>5</sub> particulada. Si se acepta una proporción 0,60mgDBO<sub>5</sub>/mgSSV (0,30 – 0,60 según bibliografía. Von Sperling), se puede estimar:

$$DBO_{5 \text{ part}} = 0,60 \frac{mgDBO}{mgSSV} \cdot 12 \frac{mgSSV}{lt}$$

$$DBO_{5 \text{ part}} = 7,20 \frac{mgDBO}{lt}$$

Finalmente, la DBO que saldría del sistema de lagunas sería:

$$DBO_{5 \text{ efluente}} = S + DBO_{5 \text{ part}}$$

$$DBO_{5 \text{ efluente}} = 40 \frac{mg}{lt} + 7,2 \frac{mg}{lt}$$



$$DBO_{5\text{ efluente}} = 47,2 \frac{mg}{lt} < 50 \frac{mg}{lt} \text{ (valor establecido en el Marco Regulatorio)}$$

En caso de que se requiera aumentar la eficiencia en la sedimentación, podría estudiarse la posibilidad de colocar seditubos, entendiéndose que requerirán de su respectivo mantenimiento.

#### 8.2.4. CÁMARA DE CONTACTO.

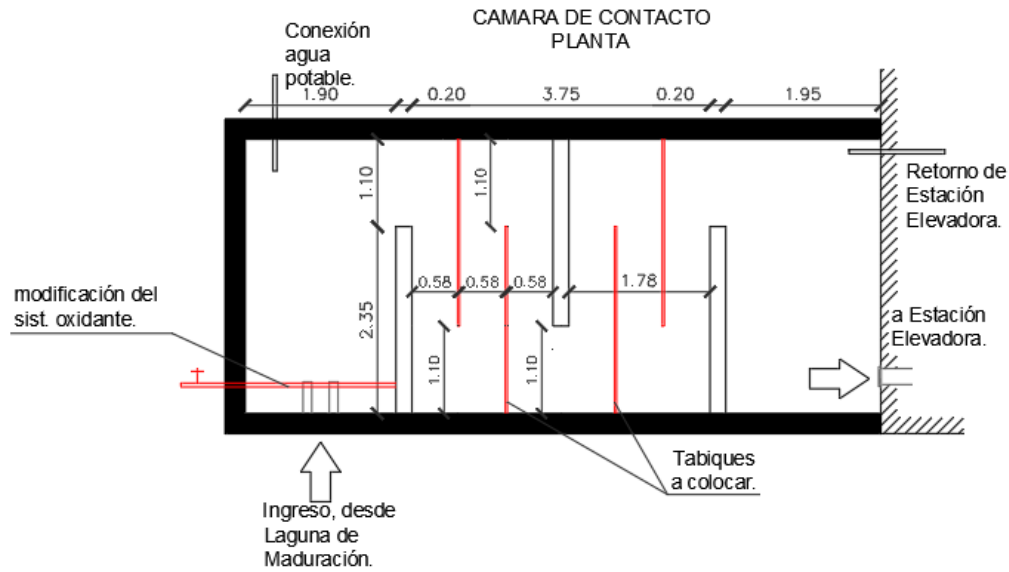
Como se observó en el apartado 7.3.4, el gradiente de velocidad de la cámara de contacto está por debajo de los valores recomendados por la bibliografía. Además, siguiendo lo expuesto en el apartado 4.2, la incorporación del oxidante actualmente se realiza directamente desde la superficie libre del agua en esta cámara.

A continuación, se realizarán comentarios y consideraciones que podrían mejorar el rendimiento de la cámara.

##### Gradiente de Velocidad.

Aumentar el gradiente de velocidad permitirá que se produzca mejor mezcla del oxidante (hipoclorito de sodio). Para esto, se propone colocar mayor cantidad de pantallas, de material de poco espesor, de manera tal que no sea necesario demoler los tabiques existentes.

Adoptando una configuración como la que se muestra en la figura de abajo, se calcula los parámetros necesarios para obtener el gradiente de velocidad  $G$  y verificar consideraciones y recomendaciones del ENOHSA.



- área transversal de canales

$$A = b \cdot H$$

$$A = 0,58m \cdot 2,13m$$

$$A = 1,47m^2$$

- Velocidad media en canal:  $Q = 110 \frac{m^3}{h}$  (Caudal equipo de bombeo de agua tratada).

$$U = \frac{Q}{A}$$

$$U = \frac{110 \frac{m^3}{h}}{1,47m^2}$$

$$U = 75,0 \frac{m}{h} = 0,02 \frac{m}{seg}$$

- Tiempo de permanencia:  $L = 25m$  (Longitud total de los canales).

$$T = \frac{L}{U}$$

$$T = \frac{25,0m}{0,02 \frac{m}{seg}}$$

$$T = 1201,6seg = 20min$$

Finalmente, el gradiente de velocidades es:



$$G = \frac{Q}{A} \cdot \sqrt{\frac{13 + 9f}{18} \cdot \frac{1}{v} \cdot \frac{m^3}{T}}$$

$f = 0,020$  → Coeficiente de Darcy. Se adopta un valor habitual para la rugosidad del Hormigón.

$\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$  → densidad de agua. Valor adoptado.

$\mu = 1,307 \times 10^{-3} \frac{N \cdot s}{m^2}$  → viscosidad dinámica del agua. Valor adoptado.

$\nu = \frac{\mu}{\rho} = 1,307 \times 10^{-6} \frac{m^2}{seg}$  → densidad cinemática.

$m = 8$  → Cantidad de canales.

$$G = \frac{0,03 \frac{m^3}{seg}}{1,47 m^2} \cdot \sqrt{\frac{13 + 9 \cdot 0,02}{18} \cdot \frac{1}{1,307 \times 10^{-6} \frac{m^2}{seg}} \cdot \frac{8^3}{1201,6 seg}}$$
$$G = 9,9 \frac{1}{seg}$$

El gradiente de velocidad y los parámetros que intervienen se comparan con las recomendaciones de bibliografía:

$$G = 9,9 \frac{1}{seg} > 10 \frac{1}{seg} \text{ *mínimo recomendable*}$$

$$U = 0,02 \frac{m}{seg} < 0,10 \frac{m}{seg} \text{ *mínimo recomendable*}$$

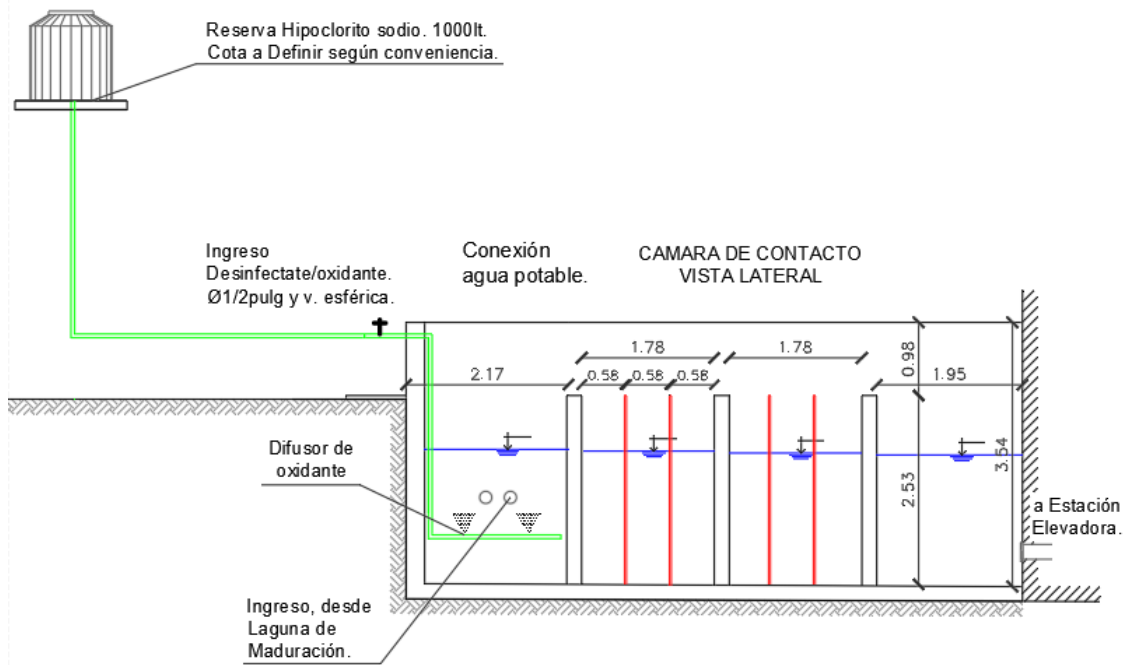
$$T = 20min < 30minutos. \text{ *máximo recomendable*}$$

Se observa que con las modificaciones propuestas, el gradiente se elevaría a un valor próximo al mínimo recomendable, lo que se entiende como una mejora en el mezclado. Asimismo, la velocidad de circulación es menor a la recomendable y podría generar sedimentos, y aumentar la frecuencia de limpieza. Para este caso, podría analizarse cambiar la bomba de agua tratada, de manera de aumentar el caudal y en consecuencia, aumentar la velocidad de circulación en la cámara de contacto.

### Inyección desinfectante. Hipoclorito de Sodio.

Sin modificar el sistema actual, únicamente se propone que la cañería esté sumergida de manera que el oxidante ingrese directamente en la masa de agua. Para vencer la

diferencia de presión, y considerando la cota de a la que se ubica actualmente el tanque de almacenamiento de oxidante, es recomendable elevar el tanque de reserva.



## 9. COMENTARIOS FINALES.

Nuevamente, se menciona que la insuficiencia de datos no permite llegar a conclusiones precisas y que sólo se analizan para el alcance de este trabajo. En esa línea, ampliando la base de datos se podría realizar también algunos cálculos que quedaron fuera de este análisis y que serían de utilidad.

Resaltado lo anterior, se considera que con las propuestas realizadas, mínimas y máximas, aumentarían la capacidad y la eficiencia de la planta, ajustándose a los requerimientos de vuelco establecidos por el Marco Regulatorio.

A modo de resumen, se puede mencionar los puntos que se analizaron en las propuestas de máxima:



- El caudal medio diario se incrementa en un 197%, pasando de 401,2m<sup>3</sup>/d a 1191,9m<sup>3</sup>/d.
- Los actuales equipos de aireación serían reemplazados en número y potencia:  $n = 6$ ;  $P = 25hp$  respectivamente.
- La regulación de inyección de hipoclorito de sodio en la cámara de contacto continuará realizándose como se hace actualmente, de manera manual. En otro caso, podría implementarse una bomba dosificadora que funcione de manera automáticamente cuando se active el bombeo de agua tratada.

Algunas consideraciones que se podrían incorporar con una base de datos más amplia y que quedaron fuera de este trabajo, son:

- La medición de caudal podrá realizarse de la misma manera que se planteó en este trabajo, registrando las horas de accionamiento de los equipos y el caudal instantáneo que estos impulsan, funcionando una o dos bombas simultáneamente. Esta metodología de estimación de caudal es conveniente ya que la cañería de impulsión termina dentro de la laguna de aireada, en otro caso debería construirse una cámara de carga. Si se propone la construcción de una cámara de carga antes de la laguna aireada, podría colocarse una canaleta parshall, vertedero u otro sistema de aforo.
- La generación de lodos y frecuencia de limpieza de laguna de sedimentación, como así también la disposición final de estos no han sido estudiada en esta propuesta.
- Finalmente, es recomendable establecer medidores de energía en todos los equipos electromecánicos: Estación elevadora de agua residual, equipos de aireación, estación de agua tratada, instalaciones en general. El consumo de energía es una de las variables a tener en cuenta para evaluar completamente el sistema de tratamientos. Asimismo, instalar medidores de nivel en cada laguna y cámara de contacto sería de utilidad para relevar datos por parte de los operadores.



## 10. ANEXOS.

Memoria Descriptiva de Proyecto.

Ley prov. N°1540.

Ordenanza N°7199/00.

Catálogo Fuchs-Aireador-OXYSTAR.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Manual Plantas Depuradoras AYSA. Volumen 1: Caracterización de Efluentes
- Waste Stabilisation Ponds: Von Sperling
- Ingeniería de Aguas Residuales: Metclaf & Eddy
- ENOHSA. Criterios de Diseño y Fundamentaciones.
- <https://datos.vivamoscomodoro.gob.ar/base/datasets/scuyo/dit/estimacion2021.xls>

[x](#)

--- PLANTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES CLOACALES ---

# CORDON FORESTAL

30-12-92

FOTOCOPIADORA  
C.E.C.N.

PLANTA DE TRATAMIENTO EFFLUENTES CLOACALES

MEMORIA DESCRIPTIVA

Esta obra cumple un triple finalidad; por un lado servirá para la no contaminación de la costa; por derivar para su recuperación un volumen significativo de efluentes cloacales, que descargaban sin tratamiento alguno al mar.

En segundo término, ante el déficit de agua potable en época estival, y la creciente necesidad de riego que demanda el Cordón Forestal, se destinará para riego forestal el agua tratada en las mismas.

Por otra parte, aliviará las redes colectoras generales ya existentes, y que están con su capacidad de conducción prácticamente cubierta.-

LA OBRA ESTA COMPUESTA POR:

- Tramo de gravedad de 650 m, de cañería PVC Ø 250 mm. desde calle Dr. Federicci hasta Fco. Behr (ex 30)
- Tramo de gravedad de 1.450 m. de cañería PVC Ø 315 mm. desde calle Fco. Behr hasta Avda. Congreso.
- Estación Bombeo N° 1 Efluentes Cloacales en Avda. Lisandro de la Torre y Avda. Congreso, compuesta por 3 bombas Flygt (dos en servicio permanente y una de reserva) cuyo caudal es de aproximadamente 1.500 m<sup>3</sup>/día cada una.
- Tramo de Impulsión de 700 m. de cañería PVC Ø 315 mm. desde Estación Bombeo N° 1 hasta Piletas de tratamiento en el Cordón Forestal.
- Piletas de Tratamiento, compuesta por tres unidades de tratamiento biológico, en la primera de ellas se colocaron 4 (cuatro aereadores superficiales. El fin de esta inyección de aire es la de asegurar

rar la aereación en toda la masa líquida por difusión.-  
La permanencia hidráulica es de aproximadamente 2,5 días.-  
Las otras dos lagunas son de maduración que aseguran un adecuado D.B.O. efluente y un alto porcentaje de bacterias coleiformes.-  
La segunda laguna tiene una permanencia aproximada de 40hs. , ésta funcionará también como decantador.-  
La tercera laguna tiene una permanencia teórica de 26 hs.

#### DATOS TECNICOS

Caudal diario proyectado: 3.000 m<sup>3</sup>/día

D.B.O. Promedio Afluentes: 0,22 kg S.B.O. /m<sup>3</sup>

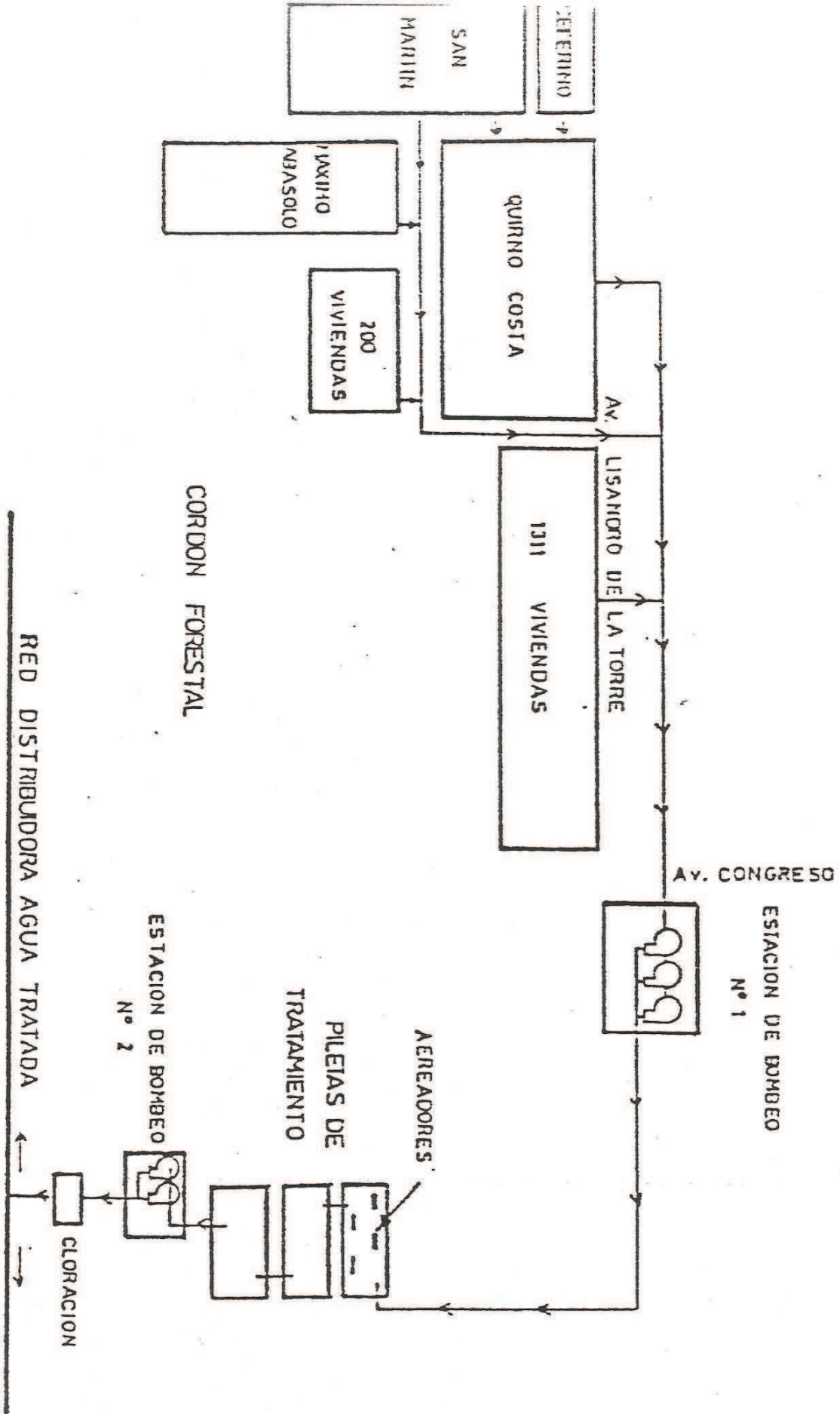
D.B.O. a la salida de las Piletas teórico 0,04 Kg D.B.O. K/m<sup>3</sup>

Estación de Bombeo N° 1: Bomba Flygt tipo 3101-HT-C252: 1.500 m<sup>3</sup>/día;  
dos en servicio permanente y una de reserva.-

Aeradores superficiales DINAIRE modelo UR 550., de eje oblicuo montado sobre pontones, Potencia de 15 H.P.

- Cámara para adecuación del efluente tratado, se hará la corrección del PH y la desinfección (cloración) y luego el bombeo para riego del Cordón Forestal.

- Estación Bombeo N° 2 Agua Tratada: dos bombas centrífugas marca Worthington de 3.000 m<sup>3</sup>/día de 50 H.P. y una altura de elevación de 86 m.c.a.; una bomba en servicio permanente y la otra de reserva.-



FOTOCOPIADORA  
C.E.C.M.



1540

Lic. IGNACIO AGULLEIRO  
MINISTRO  
Ministerio de Ambiente y Control  
del Desarrollo Sustentable

10.-

gérmenes, quistes, huevos, parásitos o cualquier otro organismo peligroso para la salud del hombre, así como también causar cualquier detrimento al cuerpo receptor.-

Artículo 28°.- Los efluentes no deberán causar o poseer potencial para causar efectos tóxicos agudos o crónicos, en indicadores biológicos de la zona de estudio, o del ambiente en cuestión, basados en resultados de ensayos de ecotoxicidad aceptados internacionalmente realizados con el efluente.

La Autoridad de Aplicación evaluará y autorizará, mediante acto fundado y en cada caso particular la propuesta presentada por los regulados, de los indicadores sobre las que se deberán realizar los ensayos de ecotoxicidad.-

Artículo 29°.- Prohíbese el volcamiento de efluentes residuales sin tratamiento previo mediante infiltración en el terreno en cualquiera de sus modalidades (zanjas o trincheras; lechos, campos o mantos; pozos de infiltración -pozos negros o ciegos-; o lagunas de infiltración, entre otras). Asimismo queda prohibida la dilución como alternativa de tratamiento.

Artículo 30°.- Queda prohibido el tránsito de vehículos, la realización de construcciones o cualquier otra obra o actividad sobre los sistemas de tratamiento y disposición de efluentes que puedan alterar su integridad.-

Artículo 31°.- Los líquidos residuales de las ramas de actividades listadas en la Tabla II del Anexo II del presente, no podrán ser dispuestos a través de sistemas de tratamiento y disposición de líquidos residuales que contemplen la infiltración en el terreno.

Las actividades no comprendidas en la Tabla II del Anexo II del presente, podrán ser admitidas mediante resolución fundada, verificando que se cumpla con las pautas básicas de diseño y operación establecidas.-

Artículo 32°.- Prohíbese el riego por aspersion o inundación con efluentes cloacales tratados en espacios recreativos sujetos a contacto directo.-

#### *Del muestreo y análisis del efluente*

Artículo 33°.- Toda fuente emisora deberá contar con una cámara para la toma de muestra y dispositivo para medición de caudales. Esta cámara debe estar ubicada dentro del predio de la fuente emisora, en un terreno no inundable, de fácil acceso y donde no sea afectada por el cuerpo receptor hídrico.

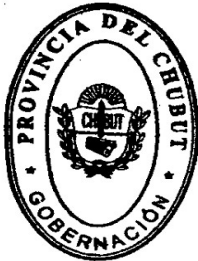
La misma debe ubicarse en la cañería conductora del efluente, luego del pasaje del mismo por todas las unidades de tratamiento y previo a su descarga al cuerpo receptor. Asimismo deberá contar con un dispositivo de aforo adecuado para el tipo de efluente.

Cuando el efluente sea de naturaleza corrosiva deberá instalarse un tubo testigo, de acuerdo con los requisitos que establezca la Autoridad de Aplicación.-

Artículo 34°.- La medición del caudal (Q) de la descarga de efluentes deberá realizarse en base a las metodologías estandarizadas, mediante el uso de dispositivos primarios y secundarios y de acuerdo al volumen de descarga, lo cual deberá estar técnicamente fundado y convalidado por la Autoridad de Aplicación.

La Autoridad de Aplicación podrá exigir un sistema continuo y completo de medición de

//...



1540

l  
s  
Dc. IGNACIO AGULLEIRO  
MINISTRO  
Ministerio de Ambiente y Control  
del Desarrollo Sustentable

13.-

En zonas caracterizadas por el déficit hídrico, podrá adoptarse la laguna de estabilización o tratamiento correctamente diseñada como de evaporación o disposición final, asegurando que la descarga al cuerpo receptor hídrico cumpla con los parámetros establecidos en la Tabla I del Anexo II. En todos los casos, deberá existir la previa autorización de la Autoridad de Aplicación, bajo apercibimiento de aplicarse el régimen sancionatorio vigente.

Queda prohibido el trasvase de la descarga entre distintos cuerpos receptores, sin la previa autorización de la Autoridad de Aplicación.-

*Del reúso del efluente tratado*

Artículo 47°.- El efluente de una fuente emisora podrá ser reutilizado para riego, para bebida de ganado y aves de corral, para supresión y control de polvo, para compactación de obras en construcción y combate de incendios, para descarga de inodoros y uriniales, siempre que sea sometido como mínimo a una fase de pre-tratamiento que asegure la retención de grasas y aceites hasta un valor que no supere DIEZ (10) mg/l, y que cumpla con los requisitos establecidos por la legislación vigente.

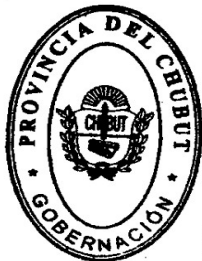
Otros reusos potenciales serán evaluados y autorizados por la Autoridad de Aplicación.-

Artículo 48°.- Quienes usen un efluente tratado para riego deberán presentar un proyecto de riego de especies forestales, para su evaluación por parte de la Autoridad de Aplicación.

El proyecto deberá contemplar los siguientes aspectos:

- a) Localización y superficie del área;
- b) Caracterización físico-química, bacteriológica y de contenido patógeno del efluente que incluya la determinación de los parámetros recomendados por la Autoridad de Aplicación para el reúso en riego;
- c) Método y equipamiento a utilizar para la irrigación, así como la frecuencia de aplicación y tiempo de riego;
- d) Descripción del sistema de almacenamiento de efluente para riego;
- e) Descripción de las características del suelo (espesor, textura y estructura de los horizontes, profundidad de capas de arcilla u otras impermeables que puedan impedir el desarrollo de raíces, áreas propensas a inundaciones, salinización, sodicidad, erosión, drenaje);
- f) Pendiente del área de irrigación;
- g) Presencia, profundidad y caracterización del agua subterránea;
- h) Proximidad a cursos de aguas superficiales, características y calidad de los mismos;
- i) Existencia de pozos de captación de agua cercanos, los usos de los mismos, las distancias de separación y alcance de los conos de depresión de los mismos, siempre que la información se encuentre disponible;
- j) Proveer caracterización de las especies a utilizar, como su consumo específico de agua, comprendiendo el requerimiento y balance de nutrientes de las mismas;
- k) Plan de monitoreo de calidad del suelo y agua subterránea;
- l) Sistema de medición de caudales utilizados para irrigación;

//...



1540

lc. IGNACIO AGULLEIRO  
MINISTRO  
nisterio de Ambiente y Control  
del Desarrollo Sustentable

14.-

- m) Análisis del balance hídrico a fin de que no se origine escorrentía contemplando una serie completa de datos hidrológicos contemplando y por algunos años seguidos a los efectos de verificar un posible excedente hídrico;
- n) Descripción de las medidas a implementar en caso de lluvias intensas;
- o) Descripción del tratamiento a aplicar sobre los efluentes que serán reutilizados;
- p) Señalización de los sistemas de conducción de agua de reuso, con el objetivo principal de proteger la salud de los trabajadores;
- q) Especies a cultivar o a implantar;
- r) Sistemas de drenaje a implementar.-

*Sistemas de tratamiento y disposición de líquidos residuales mediante infiltración en el terreno*

Artículo 49°.- Cuando se trate de disposición mediante infiltración en terreno de líquidos residuales, deberá aplicarse el tratamiento requerido en los Artículos siguientes, cualquiera que sea su modalidad: zanjas o trincheras, lechos, campos o mantos, pozos de infiltración -pozos negros o ciegos- y lagunas de infiltración, siempre y cuando se encuentre en una zona no servida por red colectora, y resulte que tanto la profundidad de la capa freática como la tasa de infiltración en el suelo así lo permitan. El diseño y consideraciones particulares de los sistemas de tratamiento y disposición de líquidos residuales mediante infiltración en el terreno deberán ajustarse a lo establecido por la Autoridad de Aplicación.-

Artículo 50°.- Para el caso de la disposición del efluente en zanjas o trincheras; lechos o mantos; o pozos de infiltración, el sistema debe contemplar una unidad previa de tratamiento del efluente tal como una cámara séptica, sistema de infiltración en el terreno propiamente dicho y la presencia de un manto de suelo no saturado para completar el tratamiento del efluente.-

Artículo 51°.- Para el caso de lagunas de infiltración, el tratamiento mínimo requerido previo a la disposición final del efluente será del tipo secundario biológico con desinfección.-

Artículo 52°.- No resultará admisible el uso de sistemas de infiltración en suelo mediante zanjas o trincheras y lechos, campos o mantos, en terrenos en los cuales la tasa de infiltración sea mayor que VEINTICUATRO (24) minutos por centímetro.

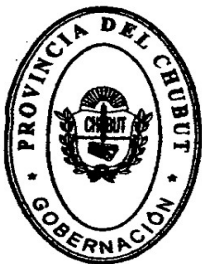
Para el caso de pozos de infiltración, no se admitirá el uso de los mismos en terrenos con tasas de infiltración mayores a DOCE (12) minutos por centímetro.

La Autoridad de Aplicación podrá admitir excepciones a esta regla, una vez solicitado al interesado el estudio de vulnerabilidad hidrogeológica, y en todos los casos mediante acto debidamente fundado.-

Artículo 53°.- La distancia mínima horizontal entre el sistema de disposición de líquidos residuales tratados mediante infiltración en el terreno, y los sectores de captación de agua subterránea, se determinará caso por caso, pero no podrá ser inferiores a los VEINTE (20) metros. Deberá mantenerse la mayor distancia horizontal posible desde el sistema de infiltración a perforaciones de extracción de agua, límites del terreno, edificaciones propias y de vecinos y cuerpos de agua superficiales.

Las captaciones de agua subterránea siempre deberán estar localizadas aguas arriba de los sistemas de disposición de aguas residuales tratadas.-

//...



1540

lc. IGNACIO AGULLEIRO  
MINISTRO  
Ministerio de Ambiente y Control  
del Desarrollo Sustentable

**ANEXO C**  
**DE LOS CRITERIOS DE REUSO**

**Artículo 1°.-** Apruébase el Anexo I, que forma parte integrante del presente, sobre la calidad de efluente tratado para distintos usos (Tablas A a la H).-

**Artículo 2°.-** Apruébase el Anexo II, que forma parte integrante del presente, sobre pautas básicas para los sistemas de tratamiento y disposición de líquidos residuales mediante infiltración en terreno.-

**Artículo 3°.-** Apruébase el Anexo III, que forma parte integrante del presente, que contiene pautas básicas de diseño de lagunas de tratamiento y evaporación.-

**Artículo 4°.-** Apruébase el Anexo IV, que forma parte integrante del presente, sobre criterios mínimos de diseño para emisarios submarinos.-

**Artículo 5°.-** Los nuevos sistemas de tratamiento y conducción de efluentes deberán ajustarse a los criterios establecidos por el presente Anexo, lo cual deberá ser debidamente indicado en el Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente.

Para el caso de sistemas preexistentes, los mismos deberán adecuarse en el marco de lo establecido en el sistema de Gestión de Permiso de Vertido o Gestión de Efluentes Líquidos.-

//...

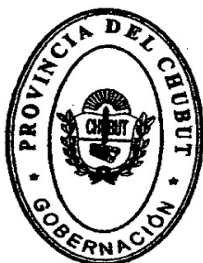


Tabla A. Directrices para interpretar la calidad de agua para riego

Problema potencial con el riego	Unidades	Grado de restricción de uso		
		Ninguno	suave a moderado	Severo
Salinidad (afecta disponibilidad de agua para el cultivo), se evalúa con CE <sup>1</sup> o SDT <sup>2</sup>				
CE	dS/m o mmho/cm a 25 °C	< 0,7	0,7 – 3	> 3
ó SDT	mg/l	< 450	450-2000	>2000
Permeabilidad (afecta la tasa de infiltración en el suelo; evaluar usando a la vez CE y RAS <sup>3</sup> )				
RAS= 0-3 y CE=	RAS adimensional y CE en dS/m	> 0,7	0,7-0,2	< 0,2
RAS= 3-6 y CE=		> 1,2	1,2-0,3	< 0,3
RAS= 6-12 y CE=		> 1,9	1,9-0,5	< 0,5
RAS= 12-20 y CE=		> 2,9	2,9-1,3	< 1,3
RAS= 20-40 y CE=		> 5,0	5,0-2,9	< 2,9
Toxicidad de iones específicos (afecta a cultivos sensibles)				
Sodio				
Riego por superficie	en términos de RAS	< 3	3-9	> 9
Riego por aspersion	mg/l	< 70	> 70	
Cloruro				
Riego por superficie	mg/l	< 140	140-350	> 350
Riego por aspersion	mg/l	< 100	> 100	
Boro	mg/l	< 0,7	0,7-3	> 3
Varios (afecta a cultivos sensibles)				
Nitrógeno (NO <sub>3</sub> -N) <sup>4</sup>	mg/l	< 5	5-30	> 30
Bicarbonato (aspersión foliar únicamente)	mg/l	< 90	90-500	> 500
pH	rango normal: 6,5-8,4			
Cloro residual (riego por	mg/l	< 1	1 – 5	> 5

<sup>1</sup>CE: conductividad eléctrica en decisiemens por metro (en unidades del SI equivalente a 1 mmho/cm) a 25 °C

<sup>2</sup>SDT: sólidos disueltos totales por filtración, evaporación del filtrado a 105 C y posterior gravimetría, en miligramos por litro (= ppm y mg/l ~ 640 x CE en dS/m)L)

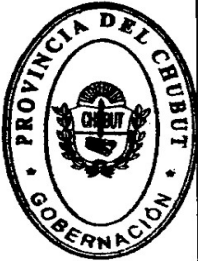
<sup>3</sup>RAS: relación de absorción de sodio calculado como  $RAS = \frac{[Na]}{\sqrt{\frac{[Ca] + [Mg]}{2}}}$  siendo [Na], [Ca] y [Mg] las concentraciones iónicas expresadas en meq/L (miliequivalentes por litro)

<sup>4</sup>NO<sub>3</sub>-N: nitrógeno del nitrato expresado en términos de nitrógeno elemental

1540

Lic. IGNACIO AGULLEIRO  
MINISTRO  
Ministerio de Ambiente y Control  
del Desarrollo Sustentable

//...



Problema potencial con el riego	Unidades	Grado de restricción de uso		
		Ninguno	suave a moderado	Severo
aspersión solamente				
Elementos traza	Ver tabla C			

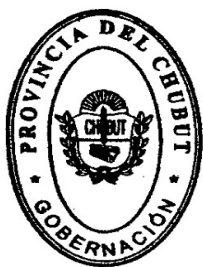
Fuente: adaptada de FAO irrigation and drainage paper 2º Rev. 1 *Water quality for agriculture*, Ayers R.S. and Westcot D.W.; 1994

Tabla B. Directrices sobre la calidad parasitológica y microbiológica de aguas residuales para uso en agricultura<sup>a</sup>

Categoría	Condiciones de reuso	Grupo expuesto	Técnica de riego	Nematodos intestinales <sup>b</sup>	Coliformes fecales	Tratamiento <sup>h</sup> del líquido residual que se espera alcance la calidad microbiológica requerida
				(promedio aritmético del número de huevos/l <sup>c</sup> )	(promedio geométrico NMP/ 100 ml <sup>d</sup> )	
A	Riego irrestricto A1: Riego de cultivos de verduras y hortícola que generalmente se consumen crudos, campos de deporte, parques públicos <sup>e</sup>	Agricultores, consumidores público	Cualquiera	≤ 0,1 <sup>f</sup>	≤ 10 <sup>3</sup>	I
B	Riego restringido Cereales, cultivos industriales, forrajes, pasturas y árboles <sup>g</sup>	B1: Agricultores, pero no niños < 15 años, y comunidades cercanas	Por aspersión	≤ 1	≤ 10 <sup>5</sup>	II
		B2 (como B1): Agricultores, pero no niños < 15 años, y comunidades cercanas	Por inundación y por surcos	≤ 1	≤ 10 <sup>3</sup>	III

1540

Lic. IGNACIO AGULLEIRO  
MINISTRO  
Ministerio de Ambiente y Control  
del Desarrollo Sustentable



		B3: Agricultores, incluyendo niños < 15 años, y comunidades cercanas	Cualquiera	$\leq 0,1$	$\leq 10^3$	IV
C	Riego localizado de cultivos de la categoría B cuando ni los trabajadores ni el público están expuestos	ninguno	Por goteo o de burbuja	No aplicable	No aplicable	V

Fuente: adaptada de Blumenthal *et al.*, 2000 (Blumenthal U., Mara D., Peasey A., Ruiz-Palacios G. & Scott R.; Bulletin of the WHO, 2000, 78 (9), pp 1104-1116).

**Referencias tabla B**

<sup>a</sup> En casos específicos, los factores locales epidemiológicos, socioculturales y ambientales deben ser tomados en cuenta, y las directrices modificadas conformemente.

<sup>b</sup> Las especies *Ascaris* y *Trichuros* y anquilostomas; el límite guía intenta también proteger contra los riesgos de parásitos protozoos.

<sup>c</sup> Durante el período de riego (si el líquido residual es tratado en sistemas de lagunas de estabilización en serie o reservorios secuenciales de almacenamiento y tratamiento alimentados por lote (batch), diseñados para remover huevos hasta este número, entonces el monitoreo de rutina de la calidad del efluente no se requiere)

<sup>d</sup> Durante el período de riego (el conteo de coliformes fecales debería hacerse preferentemente semanalmente, y al menos mensualmente)

<sup>e</sup> Una directriz más rigurosa ( $\leq 200$  Coliformes fecales de NMP/100 ml) se establece para céspedes públicos como los de los hoteles, en donde el público puede tomar contacto directo

<sup>f</sup> Este límite guía puede incrementarse a  $\leq 1$  huevo/L si (i) si las condiciones son cálidas y secas y no se usa riego superficial o (ii) si el tratamiento del líquido residual está suplementado con campañas de tratamiento químico antiparasitario en las áreas de reuso con líquido residual

<sup>g</sup> En el caso de los árboles frutales, se debe suspender el riego dos semanas antes de la recolección de frutas y no se deben recoger del suelo. También se debe evitar el riego por aspersión

<sup>h</sup> Otros parámetros que requieren especial consideración son la DBO<sub>5</sub> que se sugiere mantenerla en un valor inferior a 50 mg/l; y el contenido de grasas y aceites del líquido residual utilizado para riego recomendado en un valor inferior a 10 mg/l.

La propia demanda de oxígeno (DBO) que requiere la materia orgánica presente en un líquido residual para oxidarse, puede generar anoxia o deficiencia de oxígeno, en el espacio radicular vegetal y de las bacterias presentes en el suelo, en particular de las nitrificantes, todo lo cual afectará al vegetal regado.

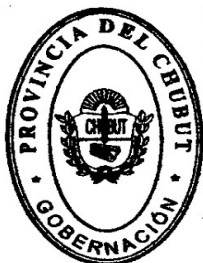
La presencia de aceites y grasas en el agua de riego impacta directamente al suelo, al producir un recubrimiento de los agregados del suelo, los que desarrollarán fenómenos hidrofóbicos que resultan en disminución de la capacidad de infiltración y almacenaje de agua para las plantas.

//...

1540

5

lc. IGNACIO AGULLEIRO  
MINISTRO  
Ministerio de Ambiente y Control  
del Desarrollo Sustentable



Asimismo pueden producir una disminución de la capacidad de intercambio catiónico incidiendo en la fertilidad del suelo. Otro efecto que puede producirse es el desarrollo de fenómenos de anoxia radicular y bacteriana al impedirse el intercambio gaseoso entre el suelo y la atmósfera. Este efecto es particularmente importante en las bacterias nitrificantes que son extremadamente sensibles a cambios ambientales. (Fuente: División de recursos hídricos y medio ambiente, Dpto. Ing. Civil, Universidad de Chile para el Servicio Agrícola Ganadero Chileno. Criterios de calidad de aguas o efluentes tratados para uso en riego. Marzo 2005)

- I. Series de lagunas de estabilización bien diseñadas (WSP), reservorios secuenciales de almacenamiento y tratamiento alimentados por lote (batch) (WSTR), o tratamiento equivalente (ej. tratamiento secundario convencional suplementado por lagunas de afinamiento (pulido / maduración) o por filtración + desinfección)
- II. Retención en series de lagunas de estabilización (WSP) incluyendo una de maduración o en reservorios secuenciales de almacenamiento y tratamiento (WSTR), o tratamiento equivalente (ej. tratamiento secundario convencional suplementado por lagunas de afinamiento o por filtración)
- III. Ver lo indicado como I para la categoría A
- IV. Ver lo indicado como I para la categoría A
- V. Pre-tratamiento según lo requerido por la tecnología de riego, pero no menos que sedimentación primaria

1540

**Tabla C. Límites recomendados de elementos traza en agua para riego de cultivos**

Deberá cumplir con los niveles guía establecidos por la Autoridad de Aplicación para la calidad de agua para irrigación, además de tomar en cuenta las consideraciones siguientes.

**Consideraciones**

Al	Puede impedir la productividad en suelos ácidos (pH < 5.5), pero suelos más alcalinos a pH > 7 precipitará el ion y eliminará cualquier toxicidad
As	La toxicidad para las plantas varía ampliamente, desde 12 mg/l en el pasto <i>Sudan grass</i> a menos que 0,05 mg/l en arroz
Be	La toxicidad para las plantas varía ampliamente, desde 5 mg/l para berzas a 0.5 mg/l para chauchas
Cd	Es tóxico para el poroto, remolacha y nabo en concentraciones tan bajas como 0.1 mg/l en soluciones nutritivas. Se recomiendan límites conservativos, debido a su potencial para acumulación en plantas y suelos en concentraciones que pueden ser nocivas para los seres humanos
Co	Es tóxico para plantas de tomate en solución nutritiva de 0.1 mg/l. Tiende a inactivarse por suelos neutros y alcalinos
Cr	No generalmente reconocido como un elemento esencial para el desarrollo. Se recomiendan límites conservativos por falta de conocimiento sobre su toxicidad en plantas
Cu	Es tóxico para varias plantas en soluciones nutritivas de concentración 0.1-1 mg/l
F	Inactivado por suelos neutros y alcalinos
Fe	No es tóxico para las plantas en suelos aireados, pero puede contribuir a la acidificación del suelo y pérdida de la disponibilidad del fósforo y molibdeno esenciales. El riego por aspersión puede resultar en depósitos desagradables sobre plantas, equipos y edificaciones

//...



**MUNICIPALIDAD DE COMODORO RIVADAVIA**

Comodoro Rivadavia, *18* de *Diciembre* de 2018.-

3 6 2 8

**RESOLUCIÓN N° /18.-**

**VISTO:**

La Ordenanza de Parámetros Microbiológicos Límites en agua para riego (Ordenanza Nro. 7199/00)

**Y CONSIDERANDO:**

Que la Ordenanza citada en el Visto fue modificada por las Ordenanzas 7199-1/02; y 7199-2/12-

Que en orden a lo dispuesto por el artículo 96 Inc.12 de la Carta Orgánica Municipal, y en razón de un mejor ordenamiento normativo, deberá aprobarse el texto ordenado de la Ordenanza N° 7199/00, el que se adjunta la presente;

**POR ELLO:**

**EL SEÑOR INTENDENTE DE LA MUNICIPALIDAD DE COMODORO RIVADAVIA**

**RESUELVE:**

**Artículo 1°:** APROBAR el Texto Ordenado de la Ordenanza de Parámetros Microbiológicos Límites en agua para riego (Ordenanza N° 7199/00).

**Artículo 2°:** REFRENDARÁ la presente Resolución el Secretario de Gobierno y Función Pública.

**Artículo 3°:** REGÍSTRESE, PUBLÍQUESE en el Boletín Oficial Municipal, tomen conocimiento las distintas Secretarías Municipales, cumplido, ARCHÍVESE.

**MCR**  
Natalia Lorenzi Vidal  
Abogada  
Secretaría General  
Municipalidad de Comodoro Rivadavia

Dr. Victor Miguel Ordoñez Arriola  
Asesor Legal  
Municipalidad de Comodoro Rivadavia

Dr. MAXIMO NAUMANN  
SECRETARIO DE GOBIERNO Y  
FUNCION PÚBLICA  
Municipalidad de Comodoro Rivadavia



CARLOS ALBERTO LINARES  
Intendente  
Municipalidad de Comodoro Rivadavia

**ORDENANZA 7199/00**

**TEXTO ORDENADO**

**MODIFICATORIAS Y RESOLUCIONES**

**VIGENTES**

**2018**

## TEXTO ORDENADO

### ORDENANZA N° 7199/00<sup>1</sup>

**Artículo 1.-** Derogar la Ordenanza N° 7110/00<sup>2</sup>.

#### GENERALIDADES:

**Artículo 2.-** Adoptar como parámetros microbiológicos límites, en agua para riego, las “Directrices recomendadas” por la **OMS** del año 1.989; según el **ANEXO 1**.

**Artículo 3.-** Podrán ser utilizados para riego los líquidos residuales domiciliarios, previamente tratados y desinfectados.

**Artículo 4.-** Queda terminantemente prohibido todo riego con líquido domiciliario crudo.

**Artículo 5.-** Si el riego se realiza por aspersion el efluente deberá ajustarse a las condiciones estipuladas en la categoría A del **ANEXO 1**, en su

---

<sup>1</sup> Promulgada por Resolución N° 1834/00.-Publicada en el Boletín Oficial N° 45/00.- 29/11/00.-

<sup>2</sup> Ordenanza N° 7110/00.- Promulgada por Resolución N° 1333/00.-Publicada en el Boletín Oficial N° 35/00.- 08/09/00.-

forma más estricta (< 200 Coli fecales en 100 ml y < 1 Nematodos intestinales).

**Artículo 6.-** Todos los canales, cañerías de conducción, bocas de salida de aguas residuales, deben señalizarse como tales. Los grifos deberán contar con un sistema de apertura especial para evitar su uso indebido, y estos y las cañerías pintarse con un color distintivo.

**Artículo 7.-**

a) Es responsabilidad de las entidades (asociaciones públicas y/o privadas, clubes, etc.) encargadas del funcionamiento de plantas de tratamiento que comercialicen y/o utilicen los líquidos tratados para riego en predios donde las personas en general entren en contacto con dichos líquidos, la realización de un análisis microbiológico quincenal del mismo, el que deberá cumplir con los parámetros enunciados en el **ANEXO I**.

Quedan incluidos en este inciso los forestadores y/o agricultores que rieguen los productos que comercializan con líquidos tratados.

b) Es responsabilidad de los particulares que posean sistemas de tratamiento propios de líquidos cloacales y utilicen el líquido obtenido para riego de especies que sean comercializadas, la realización de un análisis microbiológico quincenal del mismo, el que deberá cumplir con los parámetros enunciados en el **ANEXO I.-**

c) Es responsabilidad de las empresas y particulares que posean sistemas de tratamiento de líquidos cloacales y utilicen los mismos para riego, la realización de un análisis microbiológico de

dichos líquidos, en el caso que empleados, trabajadores y público en general puedan entrar en contacto con los mismos,

Los análisis deberán cumplir con los parámetros enunciados el **ANEXO I**, de acuerdo a la periodicidad que la Autoridad de Aplicación disponga.-

(Artículo modificado por el Artículo 1° de la Ordenanza N° 7199-2/12. Res N° 1048/12 B.O N° 39/12.17/05/12)<sup>3</sup>

## **INSPECCIONES Y TOMA DE MUESTRA:**

**Artículo 8.-** Autoridad de Aplicación. La Dirección de Laboratorio de Aguas, dependiente de la Subsecretaría de Ambiente, o aquella que en el futuro la reemplace, será la autoridad de aplicación y la responsable de realizar el control referido en el Artículo 7, asegurando el total cumplimiento de la presente normativa.

(Artículo modificado por el Artículo 2° de la Ordenanza N° 7199-2/12. Res N° 1048/12 B.O N° 39/12.-17/05/12)<sup>4</sup>

## **RÉGIMEN DE CONTRAVENCIONES:**

**Artículo 9.-** Serán factibles de sanción el incumplimiento de los siguientes artículos de la presente Ordenanza:

1. Incumplimiento del Artículo 4° y 5°; multa de 5.000 módulos

---

<sup>3</sup> El texto anterior según Ordenanza N° 7199/00 decía:...”Artículo 7°: Es responsabilidad de los entes encargados del funcionamiento de las plantas de tratamiento y/o de los forestadores (agricultores, clubes, hoteles, entes públicos o privados, etc.) el tratamiento de lo líquidos para riego y la realización de un análisis microbiológico quincenal.”...

<sup>4</sup> El texto anterior según Ordenanza N° 7199/00, decía:...” Artículo 8°: La Municipalidad de Comodoro Rivadavia, por intermedio de la Secretaría de Planificación y Desarrollo Urbano, Área Laboratorio de Aguas y Efluentes Cloacales e Industrias, efectuará el control de la calidad de los líquidos utilizados para riego, y asegurará el total cumplimiento de la presente normativa.”...

## 2. Incumplimiento del Artículo 6º y 7º; multa de 2.500 módulos

(Artículo modificado por el Artículo 1º de la Ordenanza Nº [7199-1/02](#) Sancionada el día 14 de marzo del 2002)<sup>5</sup>

**Artículo 10.-** Si razones de salubridad lo justificaren y encontrándose probada la razón de urgencia invocada, el Ejecutivo Municipal podrá disponer la suspensión del riego y limpieza de la superficie afectada, por el método que el departamento competente disponga.

**Artículo 11.-** La presente Ordenanza deja sin efecto la Resolución Municipal Nº [1269/93](#) y a toda otra normativa que se oponga a lo prescripto por la presente.

## **TASAS POR ANÁLISIS DE LÍQUIDO CLOACAL TRATADO PARA RIEGO:**

**Artículo 12.-** Ante el incumplimiento del Artículo 7, los análisis podrán ser realizados por la Autoridad de Aplicación y los infractores deberán abonar los aranceles detallados y diferenciados en la Ordenanza Tributaria Anual, según el caso.-

(Artículo modificado por el Artículo 3º de la Ordenanza Nº [7199-2/12](#). Res Nº [1048/12](#) B.O Nº [39/12](#).-17/05/12)<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> El texto anterior según Ordenanza Nº [7199/00](#), decía...”Artículo 9.- Serán factibles de sanción el incumplimiento de los siguientes artículos de la presente Ordenanza: 1. Incumplimiento del Artículo 3º y 4º; multa de 5.000 módulos

2. Incumplimiento del Artículo 5º y 6º; multa de 2.500 módulos”...

<sup>6</sup> El texto anterior según Ordenanza Nº [7199/00](#), decía;...”Artículo 12. Ante el incumplimiento del Art. 7º, los análisis serán realizados por el Laboratorio de Aguas Municipal y deberá abonarse el arancel que se detalla en el Artículo 14º.”...

**Artículo 13.-** Todo análisis de agua de riego solicitado por un tercero será abonado de acuerdo a los aranceles detallados y diferenciados en la Ordenanza Tributaria Anual, según el caso.

(Artículo modificado por el Artículo 4° de la Ordenanza N° 7199-2/12. Res N° 1048/12 B.O N° 39/12.-17/05/12)<sup>7</sup>

**Artículo 14°.-** (Artículo derogado por el Artículo 5° de la Ordenanza N° 7199-2/12. Res N° 1048/12 B.O N° 39/12.-17/05/12)<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> El texto anterior según Ordenanza N° 7199/00, decía;...”Artículo 13. Todo análisis de agua de riego solicitado por un tercero será arancelado de acuerdo con los costos mencionados en el Artículo 14°”...

<sup>8</sup> El texto anterior según Ordenanza N° 7199/00, decía;...”Artículo 14. a) Análisis microbiológico simple (Detección de B. Coli).....600 módulos b) Análisis microbiológico completo (Detección de Coli y parásitos).....1.000 módulos  
c) Análisis Químico.....700 módulos”...

## ANEXO I

### DIRECTRICES DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (O.M.S.) RECOMENDADAS SOBRE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LAS AGUAS RESIDUALES EMPLEADAS EN AGRICULTURA

Categoría	Condiciones de aprovechamiento	Grupo expuesto	Nemátodos intestinales b (media aritmética N° de huevos por litro c)	Coliformes fecales (medida geométrica N° por 100 ml c)	Tratamiento de aguas residuales necesarias para lograr la calidad microbiológica exigida
A	Riego de cultivo que comúnmente se consumen crudos, campos de deportes, parques públicos (d)	Trabajadores, consumidores, público	< 1	< 1000 d	Serie de estanques de estabilización que permiten lograr la calidad microbiológica indicada o tratamiento equivalente
B	Riego de cultivo de cereales industriales y forrajeros, praderas y árboles (e)	Trabajadores	< 1	No se recomienda ninguna norma	Retención de estanques de estabilización por 8 a 10 días o eliminación equivalente de helmintos y Coliformes fecales
C	Riego localizado de cultivos en la categoría B cuando ni los trabajadores ni el público están expuestos	Ninguno	No es aplicable	No es aplicable	Tratamiento previo según lo exija la tecnología de riego, por lo menos sedimentación primaria

(a) En casos específicos, se deberían tener en cuenta los factores epidemiológicos, socioculturales y ambientales de cada caso y modificar las directrices de acuerdo con ello.

(b) Especies *Ascharis* y *Trichiuris* y anquilostomas.

(c) Durante el período de riego.

(d) Conviene establecer una directriz más estricta (200 coliformes fecales por 100 ml) para prados públicos como los de los hoteles, parques públicos, campos de deportes, con los que el público entre en contacto directo.-

(Inciso modificado por el Artículo 6° de la Ordenanza N° 7199-2/12 Res N° 1048/12 B.O N° 39/12.- 17/05/12)<sup>9</sup>

(e) En caso de árboles frutales, el riego debe cesar dos semanas antes de cosechar la fruta y ésta no se debe recoger del suelo, no es conveniente regar por aspersión.

---

<sup>9</sup> El texto anterior según Ordenanza N° 7199/00 decía;...”ANEXO I, Inc. (d) Conviene establecer una directriz más estricta (200 Coliformes por ml) para prados públicos, como de los hoteles, con lo que el público puede entrar en contacto directo.”...



# Aireador OXYSTAR®

Aireación y mezcla eficiente



Aire



Agua



Biosólidos



**FUCHS**  
Clean Solutions

## Descripción

Los aireadores OXYSTAR de FUCHS son utilizados para introducir oxígeno en lagunas, tanques ecualizadores o reactores de lodos activados. Además de proveer una aireación de burbuja fina, los aireadores también proveen un buen flujo y mezcla de agua residuales en el reactor.

El aireador OXYSTAR funciona mediante un motor de aire acondicionado montado en posición B35, un acoplamiento con entradas de aire, un eje hueco y una sofisticada hélice de tres hojas. El eje hueco rota a la velocidad del motor dentro de una carcasa protectora la cual está conectada a la unidad motriz mediante una brida. Los aireadores OXYSTAR pueden ser instalados sobre flotadores o soportes metálicos.

## Operación del equipo

Los aireadores OXYSTAR dirigen el aire atmosférico a través del eje hueco, descargándolo en la corriente de agua, creada por la hélice en rotación. La transferencia de oxígeno es alcanzada mediante la turbulencia de chorro de la aireación de burbuja fina. La carcasa protectora evita salpicaduras al exterior.

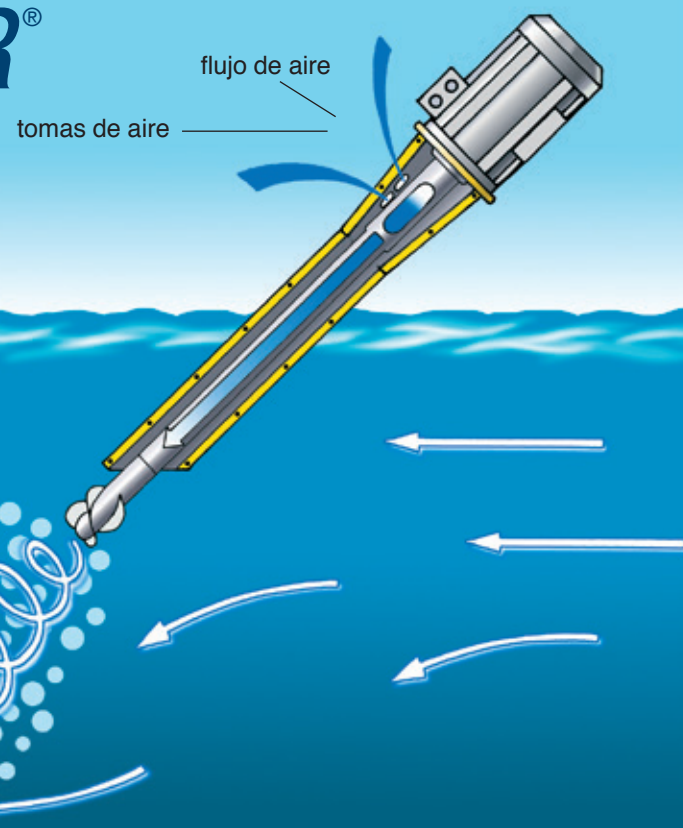
## Materiales y diseño

Los aireadores OXYSTAR tienen un diseño inteligente y robusto, además de estar fabricados en materiales no corrosivos. El material estándar del eje hueco, la hélice y todos los componentes pequeños es acero inoxidable tipo AISI 304, que es el más apropiado para la mayoría de casos. Piezas en acero AISI 316 están también a disposición del cliente. La carcasa protectora está hecha de resina sintética (plástico reforzado) con fibra de vidrio.

Los accionamientos son motores A.C. hechos por fábricas de renombre en la Comunidad Europea. Son altamente eficientes, adecuadamente clasificados y equipados con rodamiento ranurado de bolas permanentemente lubricados. La carcasa del motor está hecha de hierro fundido o aluminio con una capa protectora de pintura.

El eje hueco está conectado a la unidad motriz por medio de un acoplamiento cónico que puede ser fácilmente ensamblado o desensamblado. Este componente, torneado con precisión, se fabrican en máquinas con control numérico. Un tubo de acero sin costuras se usa para el eje hueco. El balanceado dinámico del acoplamiento y la hélice en conjunto con el motor, aseguran su buen funcionamiento. La parte sumergible no tiene sellos ni rodamientos. Por estas razones los aireadores OXYSTAR requieren bajo nivel de mantenimiento.

# Aireador OXYSTAR®



## Amplia variedad de aplicaciones

Los aireadores OXYSTAR son unidades excepcionales para la efectiva aireación y mezcla, no sólo de aguas residuales municipales e industriales sino de estanques, lagunas y ríos. Preferiblemente los aireadores OXYSTAR se instalan en estanques de aguas residuales y se aplican principalmente para el tratamiento de aguas residuales municipales, procedentes de la industria alimenticia, así como en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria papelera. Además, los aireadores OXYSTAR son ideales para tanques de lodos activados y tanques equalizadores. Reactores de casi cualquier forma pueden ser equipados con estos aireadores, por ejemplo en zanjas de oxidación, y tanques concéntricos o bien en tanques circulares. Así mismo los aireadores OXYSTAR son óptimos para actualizar, modernizar o reemplazar los dispositivos de aireación ineficientes, por ejemplo: aireadores con cepillo horizontal tipo "Mammoth rotor", cepillos aireadores superficiales, sistemas de difusión de aire o aerador superficial de burbuja fina tipo "aspirator aerator".

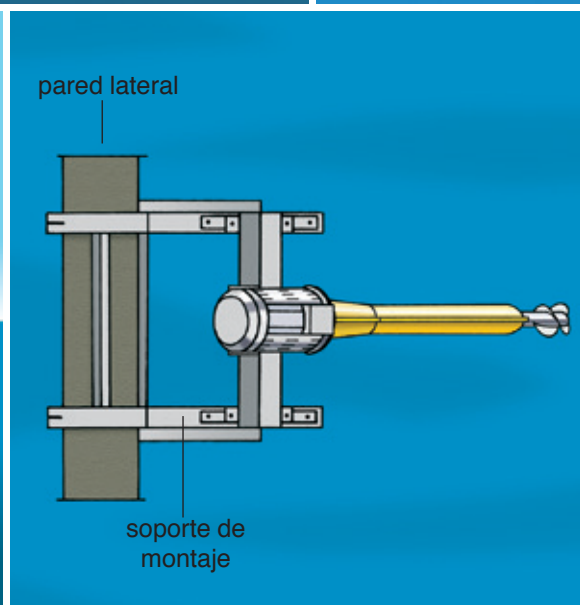
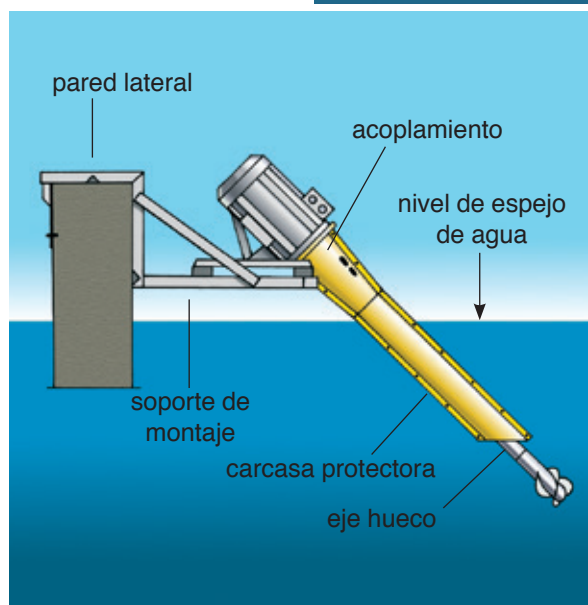
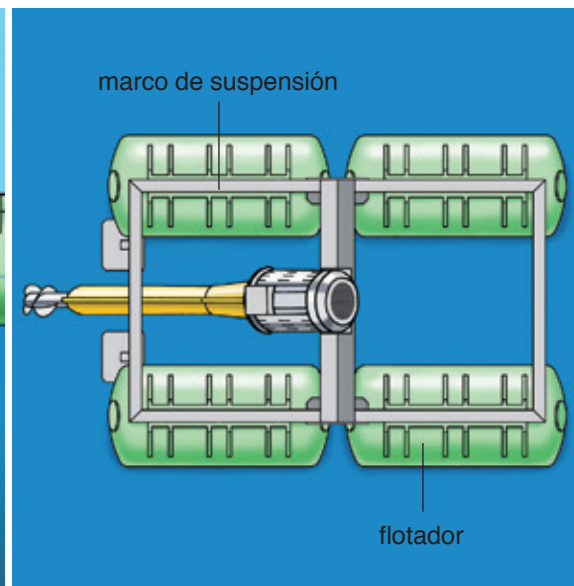
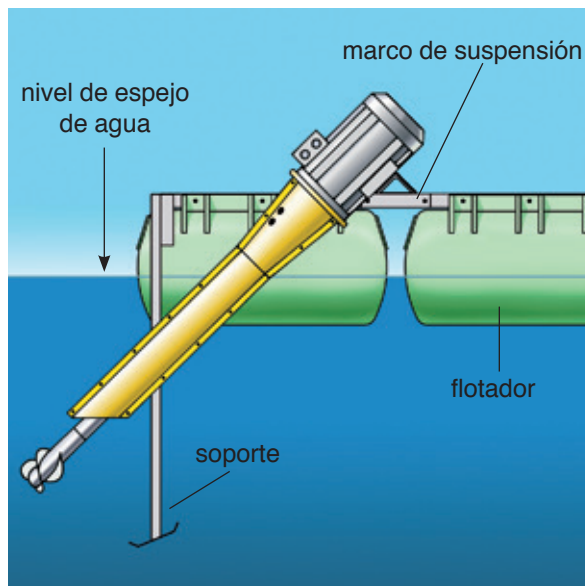
## Instalación

Todos los aireadores OXYSTAR pueden ser fácilmente instalados gracias a su peso ligero. Los aireadores no necesitan un cuarto de sopladores, líneas de aire comprimido o cubiertas ajustables. Gracias a su fácil instalación, la operación de la planta de tratamiento no es interrumpida, y tampoco hay necesidad de vaciar el tanque cuando una mejora en el sistema es requerida. En lagunas o tanques de equalización, los aireadores OXYSTAR se instalan en flotadores robustos que se mantienen en su sitio por medio de cables de amarre.

La flotación de los aireadores OXYSTAR consisten principalmente en dos flotadores y un marco de acero galvanizado por inmersión en caliente. Los flotadores son fabricados en LPDE de alta calidad.

En tanques de lodos activados los aireadores OXYSTAR normalmente se fijan en puentes por medio de un soporte o en las paredes del reactor.

### Aireador OXYSTAR® sobre flotadores



### Aireador OXYSTAR® en pared lateral



Sistema de aireación de laguna en el norte de África para una población equivalente de 270.000.

## Ventajas de los aireadores OXYSTAR

- Eficiencia en la transferencia de oxígeno.
- Hélices con auto limpieza, garantizando así su buen funcionamiento.
- Alta eficiencia en la mezcla y circulación del agua.
- Superficie tranquila, sin rocío o aspersión.
- Nivel de ruido mínimo.
- Fácil de transportar y montar gracias a su ligereza.
- Flotadores de alta calidad, instalación sencilla.
- Baja tasa de mantenimiento.

## Datos técnicos

Los aireadores OXYSTAR están disponibles en todos los tamaños de motor IEC desde 2,2 kW hasta 22,0 kW.

Los motores estándar son trifásico a 50 Hz, de 230/400 V y 400/690 V, respectivamente. A petición del cliente, se ofrecen otras opciones de voltajes y 60 Hz.

La velocidad del motor puede ser  $\leq 1.500$  rpm a 50 Hz, o bien  $\leq 1.800$  rpm a 60 Hz.

En comparación con otros aireadores de aspiración, los aireadores OXYSTAR tienen un desempeño altamente competitivo en la mezcla del flujo del aire y en la transferencia de oxígeno.

OXYSTAR Tipo	Potencia nominal		Corriente nominal A	Longitud total mm	Peso kg	Profundidad de inmersión mm	Corriente de aire m³/h
	kW	hp					
OS 3.0	2,2	3,0	4,8	1.520	37	500	65
OS 4.0	3,0	4,0	6,5	1.580	44	500	85
OS 5.5	4,0	5,5	8,2	1.580	53	500	115
OS 7.5	5,5	7,5	11,4	1.730	57	600	130
OS 10.0	7,5	10,0	14,8	1.730	82	600	155
OS 15.0	11,0	15,0	21,0	2.170	102	800	190
OS 20.0	15,0	20,0	28,0	2.170	114	800	230
OS 25.0	18,5	25,0	35,0	2.220	135	800	280
OS 30.0	22,0	30,0	41,0	2.220	151	800	350

Información para motores de 400 V a 50 Hz. Otros voltajes y 60 Hz están disponibles a petición del cliente. La información esta sujeta a cambios técnicos.