

ETAPA 5

Planificación, optimización y acompañamiento a nivel Provincial del reúso de los efluentes generados en las plantas de tratamiento de líquidos cloacales.



**CONSEJO FEDERAL
DE INVERSIONES**



**DEPARTAMENTO
PROVINCIAL
DE AGUAS**

○ **Contenido**

1. Resumen Ejecutivo	5
2. Sección I	7
2.1 Antecedentes de reúso de aguas residuales tratadas (ART) en Río Negro	7
2.1.1 Marco Normativo vigente: Normas de calidad de efluentes residuales de Río Negro para descarga ambiental y reúso agrícola.	8
2.1.2 Control de la calidad del agua potable y efluentes cloacales tratados.....	9
2.1.3 Normativas vigentes para la aplicación al reúso de aguas residuales en Río Negro.....	10
2.1.4 Casos de uso de efluentes tratados en proyectos de riego agrícola – forestal.	12
2.1.5 Localidades con uso de aguas residuales tratadas (ART)	13
• Las Grutas	13
• Ingeniero Jacobacci	15
• General Conesa.....	18
• San Javier	21
• Choele Choel.....	22
2.1.6 Referencias sobre la política de reúso en Israel	25
2.1.7 Análisis sobre el proceso de planificación y optimización del reúso de efluentes tratados en la Provincia de Río Negro	32
3. Sección II	37
3.1 Potencial Reúso de Efluentes Tratados	37
3.1.1 Sistemas de pequeña escala	37
3.1.1.1 Mainqué	37
3.1.1.2 Playas Doradas.....	38
3.1.1.3 Pilcaniyeu	38
3.1.2 Sistemas de media o gran escala.....	39
3.1.2.1 Viedma	42
3.1.2.2 Las Grutas.....	47
3.1.2.3 Choele Choel	50
3.1.2.4 Juan José Gómez, General Roca	52
3.1.2.5 Villa Regina.....	56
4. Sección III	58
4.1.1 Puerto Pañuelo, San Carlos de Bariloche	58
4.1.1.1 Comentarios y recomendaciones sobre el funcionamiento y operación de la PTLC de Puerto Pañuelo, SC de Bariloche.	60
4.1.2 Chichinales (operador ARSA).....	61
4.1.2.1 Comentarios y recomendaciones sobre el funcionamiento y operación de PTLC de Chichinales.....	64
4.1.3 Allen (operador ARSA) y equivalentes	66
4.1.3.1 Comentarios y recomendaciones sobre el funcionamiento y operación para la PTLC de	

Allen	70
4.1.4 Cipolletti – Fernández Oro (operador ARSA)	72
4.1.4.1 Comentarios y recomendaciones sobre el funcionamiento y operación de la PTLC de Cipolletti – Fernández Oro	76
4.1.4.2 Comentarios de Vyacheslav (Slava) Shmulevich, sobre los comentarios de Matan Hadari para la PTEC ubicada en la localidad de Cipolletti.	78
4.1.5 Cinco Saltos (operador ARSA)	81
4.1.5.1 Comentarios y recomendaciones sobre el funcionamiento y operación de la PTLC de Cinco Saltos	82
4.1.5.2 Comentarios del experto Vyacheslav (Slava) Shmulevich sobre la PTLC de Cinco Saltos	83
4.1.6 San Carlos de Bariloche (Operador Cooperativa Eléctrica de Bariloche, CEB)	84
4.1.6.1 Comentarios y recomendaciones sobre el funcionamiento y operación de la PTLC de SC de Bariloche	90
Vyacheslav (Slava) Shmulevich	93
4.1.7 Lamarque (Operador cooperativa de servicios local)	93
4.1.7.1 Comentarios y recomendaciones sobre la operación y mantenimiento de la PTLC de Lamarque	97
4.1.8 Luis Beltrán (operador Cooperativa de servicios local)	98
4.1.8.1 Comentarios sobre la operación y mantenimiento para la PTLC de Luis Beltrán por parte del experto de Mekorot	101
4.2 Conclusiones sobre plantas de tratamiento de efluentes visitadas	103
4.2.1 Recomendaciones y conclusiones generales del experto	103

Abreviaturas

ART: Aguas Residuales Tratadas

PTAR: Planta de Tratamiento de Agua Residual

PTLC: Planta de Tratamiento de Líquido Cloacal

DPA: Departamento Provincial de Agua

AIC: Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro

1. Resumen Ejecutivo

El Informe N° 5, tiene como objetivo evaluar el potencial del reúso de los efluentes cloacales tratados en la provincia de Río Negro. Para ello se hace un análisis de la situación local, los requisitos para implementar una política de reúso y proponen soluciones que se identifican como las más adecuadas para los casos analizados. La metodología de disposición propuesta para cada situación analizada se basa en el balance hídrico local, tipo y cantidad de suelos disponibles, tipo de riego, cultivos a proponer a lo largo del tiempo.

Para el desarrollo de la primera sección de este informe se comienza con la descripción de los antecedentes de reúso de ART en Río Negro, donde se comentan las primeras experiencias de utilización de Aguas Residuales Tratadas (ART) en riego, y como ha ido avanzando en el tiempo los acuerdos y convenios sobre las políticas de reúso, donde se rige el Marco Normativo con las Normas de calidad de efluentes residuales de Río Negro para descarga ambiental y reúso agrícola, siendo que, el objetivo que persigue la autoridad del agua es conservar la calidad fisicoquímica y microbiológica para los usos del agua que se han determinado para sus cursos y cuerpos de agua.

Se presentan en el informe los casos de uso de efluentes tratados en proyectos de riego agrícola – forestal. En este apartado de acuerdo a la información provista por el Jefe de Proyectos de Bioingeniería del DPA, se describen los proyectos en los cuales actualmente se ha implementado el reúso en la provincia y cuales serían posibles proyectos a incorporar reúso.

Para ello se incorpora un apartado de análisis sobre el proceso de planificación y optimización del reúso de efluentes tratados para la Provincia de Río Negro, en este apartado se analizan los antecedentes de reúso en la provincia de Río Negro y se brindan sugerencias y recomendaciones sobre cómo implementar una política al respecto.

También se incorporan referencias sobre la política de reúso en Israel, con el fin de conocer cómo se gestiona el recurso en esta temática, ya que es un país donde aproximadamente el 85% de las aguas residuales son tratadas y recuperadas para uso agrícola con diferentes calidades. Y la incorporación de efluentes tratados en la agricultura ha tenido un impacto muy grande en el balance hídrico nacional. Principalmente, permitió reasignar una mayor parte de los recursos de agua potable al uso doméstico, hasta el punto de que hoy en día estos recursos de agua dulce representan menos del 50% del agua utilizada en la agricultura.

En la segunda sección se describe el potencial reúso en efluentes tratados en pequeña, mediana y gran escala. En base a ello se plantea en cada caso la metodología de disposición que mejor se adapte en función del balance hídrico local, tipo y cantidad de suelos disponibles, tipo de riego, cultivos a proponer a lo largo del tiempo.

Por último, en la tercera sección del presente documento se describen las plantas de tratamiento de efluente cloacal recorridas en la visita técnica, seleccionadas por el Departamento Provincial de Aguas (DPA). Para ello se recopiló información provista por el mismo DPA en su rol de Ente Regulador, así como también información provista por Aguas Rionegrinas Sociedad Anónima (ARSA) y por las cooperativas de servicios.

Como También se vuelve a mencionar del informe N° 1, los comentarios del experto Matan Hadari, M.Sc., Jefe del Departamento de Calidad del Agua, Distrito Nacional de Transportistas de Agua, Mekorot, quien participó de la visita de calidad de agua de las plantas de Cipolletti, Allen, y Cinco Saltos, en agosto del año 2023.

En base a la información mencionada anteriormente y con las visitas realizadas a las plantas de tratamiento seleccionadas por el DPA para el Informe N° 5, el experto Vyacheslav (Slava) Shmulevich, jefe del Departamento de Ingeniería de Calidad del Agua de Mekorot, quien, a acompañado estas visitas, ha realizado sus conclusiones y recomendaciones para cada una de las plantas visitadas, los cuales se describen en el apartado de las mismas.

2. Sección I

2.1 Antecedentes de reúso de aguas residuales tratadas (ART) en Río Negro

En Río Negro las primeras experiencias de utilización de Aguas Residuales Tratadas (ART) en riego se remontan al año 1995, cuando una Desarrolladora inmobiliaria, acuerda con el Concesionario del Servicio de agua y cloaca la provisión y utilización de los efluentes de la primer Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) construida y en funcionamiento en la Villa balnearia de Las Grutas para un proyecto urbanístico y deportivo (campo de Golf).

Posteriormente en dicha localidad comienza un emprendimiento Olivícola que en el año 2001 empieza a utilizar el ART para el riego de su plantación, contando actualmente con una superficie productiva bajo riego de 28 hectáreas.

En el año 2010 a partir del Acta de la Reunión de Comité Ejecutivo de la AIC se instala el concepto de “Vuelco Cero” de efluentes a cuerpos hídricos y su utilización en riego agrícola – forestal comenzando el DPA una línea de trabajo en ese sentido.

En 2011 se firma un Convenio de Cooperación Técnica entre el DPA, la AIC, la Universidad Nacional de Río Negro (UNRN) sede Andina, y la Municipalidad de San Carlos de Bariloche para el Estudio, evaluación y lineamientos generales de aplicación de las ART en S.C de Bariloche, que estableció pautas teóricas de trabajo en proyectos de reutilización de estas aguas, donde se aborda el tema a nivel político Institucional en la provincia.

En el mismo año en Ingeniero Jacobacci, la Cooperativa prestadora del servicio y el Ente para el desarrollo de la Región Sur impulsados por el desastre ambiental, social y económico ocasionado por la erupción del complejo volcánico Puyehue–Cordón Caulle y sus cenizas, realizan de modo empírico una plantación forestal multiespecífica (Olmos, olivillos, acacias, álamos) regada con efluente tratado en la PTAR de esta ciudad.

En 2015 en esta localidad se firma un Convenio de Cooperación Técnica entre el DPA, el INTA, la UNRN, la Cooperativa de Agua y Otros Servicios, el ENTE para el desarrollo de la Región Sur y la Municipalidad con el objetivo de: “Estudiar, evaluar, desarrollar pautas e implementar DISPOSICIÓN FINAL Y REUTILIZACIÓN AGRÍCOLA/FORESTAL DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS PROVENIENTES DE LA PLANTA DE EFLUENTES DE INGENIERO JACOBACCI”.

En años posteriores, con la firma de otros Convenios de Cooperación Técnica interinstitucionales, se han iniciado proyectos en pequeña escala de reúso de ART en riego agrícola-forestal dentro de los predios de PTAR existentes en diferentes localidades (General Conesa, San Javier, Las Grutas).

Por otra parte, en 2018 se concluyen las obras de Plan Director de cloacas de la ciudad de Choele Choel donde se pone en funcionamiento la primer PTAR de la provincia con “vuelco cero” y reuso para riego, con una plantación de sauce para la disposición final del ART.

Sucesivamente se ejecutan obras bajo este mismo concepto en las localidades de Mainque (2021), Las Grutas (2021) Playas Doradas (2022), Viedma (2022), y Villa Regina (en ejecución) donde el reúso del ART se encuentra en proceso de definición y con diferente grado de avance.

2.1.1 Marco Normativo vigente: Normas de calidad de efluentes residuales de Río Negro para descarga ambiental y reúso agrícola.

La Dirección de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos, DPYCRH pertenece a la Intendencia General de Recursos Hídricos, IGRH, y dentro de la estructura del Departamento Provincial de Aguas, DPA, es la encargada de ejecutar programas y analizar información sobre los temas de calidad de aguas y su conservación en los recursos hídricos provinciales. Está conformada por un equipo técnico multidisciplinario para abordar los temas hídricos y ambientales, con presencia en casi todas las delegaciones y oficinas que el DPA posee en el interior de la Provincia a fin de realizar sus tareas en cada una de las regiones, coordinadas desde la sede central en Viedma.

Las tareas de la DPYCRH son de inspecciones en industrias, y servicios de agua potable y saneamiento, monitoreos de cursos de agua, generación de datos de calidad de agua ambiental, agua potable y efluentes cloacales e intervenciones en el diseño de proyectos de saneamientos, ejecución de obras y en temas ambientales que competen al organismo.

El objetivo que persigue la autoridad del agua es conservar la calidad fisicoquímica y microbiológica para los usos del agua que se han determinado para sus cursos y cuerpos de agua:

Abastecimiento de agua para potabilización con tratamiento convencional para el cumplimiento de Norma del Consejo Federal de Saneamiento, 1996, Suministro de agua para el abastecimiento público. (Ley N° 3183, Marco Regulatorio para la prestación de los servicios de agua potable, desagües cloacales, riego y drenaje de la Provincia.)

- ❖ Riego
- ❖ Bebida animal
- ❖ Industrial
- ❖ Recreación, paisajístico, deportivo incluyendo las actividades con contacto primario para lo cual se emplean las recomendaciones de las Guías Canadienses de Calidad de Agua.
- ❖ Protección de la vida acuática

El Departamento Provincial de Aguas (DPA) es la Autoridad del agua en la Provincia de Río Negro y como tal, de acuerdo a lo que establece el Código de Aguas Ley Q N° 2952, responsable de la formulación y ejecución de la Política Hídrica.

La citada Ley establece en el LIBRO TERCERO, Arts. 162 a 189, el Régimen de Protección y Conservación de los recursos hídricos y señala que el control de calidad y protección de los recursos hídricos provinciales que sean utilizados como cuerpos receptores de residuos o efluentes producto de las actividades el hombre se regirá por las disposiciones del Código y su reglamentación.

Los efluentes cloacales, históricamente se han colectado y tratado en Plantas de tratamiento de líquidos cloacales (PTLC), principalmente, sistemas de Lagunas Facultativas y luego de tratados, vertidos a cuerpos hídricos (ríos, lagos, arroyos, colectores de drenaje).

El Departamento Provincial de Aguas ha proyectado y ejecutado obras de Planes Directores de Cloacas en distintas localidades de la provincia con la premisa de fomentar la utilización de las Aguas

Residuales Tratadas (ART) de Plantas de tratamiento de líquidos cloacales (PTLC), ya existentes, en riego agrícola – forestal a fin de disminuir la cantidad de efluente vertido a cuerpos de agua.

Las normas vigentes en la provincia para la regulación y el control de la calidad del agua son las siguientes:

- 1) Control de efluentes industriales:
 - ❖ Decreto Provincial 1093 para la reglamentación del Libro Tercero “Régimen de protección y conservación de los recursos hídricos”, del Código de Aguas - Ley Q N° 2952. Publicado en el Boletín Oficial del 27/12/2010 pg 5.
 - ❖ Resolución del DPA N° 885 para el control de efluentes de industrias en general y Resolución del DPA N° 886 para el control de actividades hidrocarburíferas por emisión de efluentes y potenciales riesgos de afectación a los recursos hídricos. Publicado en Boletín Oficial 5379 del 10/08/2015 (Suplemento)
 - ❖ Ley Provincial N° 4997 para la regulación de establecimientos de engorde intensivo a corral (feedlots) de bovinos, ovinos y caprinos. Publicado en el Boletín Oficial 5520 del 15/12/2016 pg. 16.
 - ❖ Resolución del DPA N° 1423 para la regulación de la reutilización de los efluentes cloacales - industriales tratados para reutilización en riego agrícola forestal. Publicado en Boletín Oficial 5394 del 21/10/2015.

- 2) Calidad de servicios públicos de saneamiento
 - ❖ Norma del Consejo Federal de Entidades de Saneamiento, 1996. Calidad para el agua de bebida de suministro público. Incorporada en la Ley Provincial J 3183 “Marco Regulatorio para la prestación de los servicios de agua potable, desagües cloacales, riego y drenaje de la Provincia.”
 - ❖ Resolución del Departamento Provincial de Aguas N° 166 para la regulación de la calidad de los efluentes de plantas de tratamientos de líquidos cloacales en el marco de la ley 3183. Publicada en Boletín Oficial 5543 del 13/12/2017.

- 3) Recomendación para el uso recreativo del agua con contacto directo – control bacteriológico.

Para la evaluación de la calidad del agua de los cursos y cuerpos de agua incluido el mar, con fines recreativos se ha tomado como referencia a las Directrices Canadienses para la Calidad del Agua Recreativa. Las mismas proveen un marco de lineamientos sobre la calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua para el uso, así como las metodologías de muestreo y determinación analítica para la interpretación de resultados consistentes con la seguridad de los usuarios ya sea con la evaluación de aptitud de uso, y la adopción de líneas de acción para el caso de sitios que resulten no aptos. Los parámetros para la evaluación empleados *son Escherichia coli* para aguas dulces; y *Enterococcus sp* para la evaluación de aguas marinas.

2.1.2 Control de la calidad del agua potable y efluentes cloacales tratados

Los controles de la calidad del agua potable y efluentes cloacales se llevan a cabo de acuerdo al marco regulatorio del contrato de concesión de los servicios de agua potable y cloacas (Ley de Río Negro N° 3183). El plan de control de la calidad del agua potable que llevan los prestadores del servicio, sigue las recomendaciones de lo establecido en la Norma COFES.

Desde el Ente Regulador se realizan monitoreos propios de control de calidad y vigilancia, complementarios a los que llevan los prestadores del servicio y se verifica el cumplimiento de lo que establece la norma analizando el reporte mensual que Aguas Rionegrinas SA, principal concesionario de los servicios, envía mensualmente al DPA.

La Provincia cuenta con cobertura en servicios de saneamiento a la población de 762.067 habitantes (Censo 2022), en el orden del 95 % en agua potable y 72 % tratamientos de líquidos cloacales.

La calidad del agua potable se rige por la Norma del Consejo Federal de Saneamiento, según lo establece la ley de concesiones de los servicios.

El control de la calidad de los efluentes cloacales se realiza mediante los valores de vuelcos establecidos en la Resolución del DPA N° 166 del año 2017.

2.1.3 Normativas vigentes para la aplicación al reúso de aguas residuales en Río Negro

Cuadro 1. Resolución 166/2017 Anexo III Directrices de calidad microbiológica para reúso de las aguas efluentes de las plantas depuradoras de líquidos cloacales en el marco de la Ley J N° 3183.

Condiciones de aprovechamiento	Grupo expuesto	Nematodes intestinales (Ascaris y Trichuris) N° de huevos promedio/l	Coliformes fecales Media geométrica / 100 ml	Tratamiento de aguas residuales necesario para lograr la calidad microbiológica exigida
Riego de cultivo de árboles y forrajeras	Trabajadores	≤ 1 (Evaluado en periodo de riego)	No se recomienda ninguna norma (Evaluado en periodo de riego)	Retención en estanques de estabilización por 8/10 días o eliminación equivalente de Helminos y Coliformes fecales

Esta normativa sería concordante con lo que establecen las Directrices para uso de agua residual en agricultura (Blumenthal et al 2000, modificada por OMS, 2006) CATEGORÍA B – Riego restringido.

Cuadro 2. Directrices recomendadas sobre la calidad microbiológica de las aguas residuales empleadas en agricultura

<i>Categoría</i>	<i>Condiciones de aprovechamiento</i>	<i>Grupo expuesto</i>	<i>Nemátodos intestinales (media aritmética N° de huevos por litro)</i>	<i>Coliformes fecales (media geométrica N° por 100 ml)</i>	<i>Tratamiento de aguas residuales necesario para lograr la calidad microbiológica exigida</i>
A	Riego de cultivos que comúnmente se consumen crudos. Campos de deporte. Parques públicos	Trabajadores, consumidores, público	≤1	≤1000	Serie de estanques de estabilización que permiten lograr la calidad microbiológica indicada o tratamiento equivalente
B	Riego de cultivos de cereales, industriales y forrajeros, praderas y árboles	Trabajadores	≤1	No se recomienda ninguna norma	Retención en estanques de estabilización por 8 a 10 días o eliminación equivalente de helmintos y coliformes fecales
C	Riego localizado de cultivos de la Categoría B cuando ni los trabajadores ni el público están expuestos	Ninguno			Tratamiento previo según lo exija la tecnología de riego.

2.1.4 Casos de uso de efluentes tratados en proyectos de riego agrícola – forestal.

En este apartado de acuerdo a la información provista por el Jefe de Proyectos de Bioingeniería del DPA, se describen los proyectos en los cuales actualmente se ha implementado el reúso en la provincia.

Se retoma lo descripto en el informe N° 1 del presente plan, capítulo VIII, apartado 8.9) Reúso de efluentes en la Picia de Río Negro, donde se describen las plantas en las que se aplica el reúso de las

aguas residuales tratadas y las que tienen potencial para ese uso.

El sistema de tratamiento de los efluentes cloacales en la mayor parte de las localidades del territorio provincial es mediante lagunas facultativas. En la siguiente imagen se ilustra la situación en la Provincia respecto al uso de efluentes tratados en proyectos de riego agrícola - forestal.



Ilustración 1 Localidades con uso actual de ART y localidades con uso potencial. Fuente: DPA

2.1.5 Localidades con uso de aguas residuales tratadas (ART)

- **Las Grutas**

Las Grutas cuenta con una población estable de aproximadamente 4.700 habitantes y una afluencia turística de unas 150.000 personas en la temporada diciembre-marzo.

En la villa marítima de Las Grutas, Municipio de San Antonio Oeste, la primera planta de tratamiento de líquidos cloacales comenzó a funcionar en el año 1993 con vertido, mediante impulsión, de los efluentes tratados a la ladera Norte del Cerro Policía.

En el año 1995 el prestador del servicio, que en ese momento era una Cooperativa, suscribió un acuerdo con un Desarrollador inmobiliario "Club de Golf Urbanizadora Las Grutas" para el uso del efluente tratado en un loteo y campo de golf "El Alto".

En el año 2001, siendo el prestador del servicio Aguas Rionegrinas S.A. se hace otro acuerdo con un

productor olivícola “Olivos Patagónicos” el que utiliza el efluente en riego de una plantación de variedades de olivos para producción y comercialización de aceitunas y aceite de oliva. Actualmente este productor riega con el efluente 28 ha de olivares.



Ilustración 2 Ubicación antigua PTLC y usuarios de ART, Las Grutas. Fuente: DPA

En el año 2021 se ejecutaron obras del Plan Director de Cloacas en la localidad y como parte de las mismas una nueva planta de tratamiento de líquidos cloacales -etapa I-, la cual se hace con un ducto de descarga del líquido tratado en el campo de un privado al norte de la ruta nacional N° 3.

Existe registro de 3000 conexiones al sistema, de esta primera etapa de lagunas de tratamiento se estima un caudal de salida en verano para el año 2027 ($15.793 \text{ m}^3/\text{día} = 183 \text{ l/s}$) y en invierno ($2.685 \text{ m}^3/\text{día} = 31 \text{ l/s}$).

Actualmente queda por resolver la vinculación de los usuarios preexistentes del efluente con la descarga de la nueva planta de tratamiento y el proyecto de reúso en el sector de descarga actual.

En el año 2023 se formalizó el Convenio de Cooperación Técnica entre el Departamento Provincial de Aguas, la Municipalidad de SAO, Aguas Rionegrinas S.A. y el INTA, y se está trabajando en un proyecto de producción forestal con reúso del ART para riego en un sector dentro de la PTAR que fue acondicionado para tal fin, donde se cultivan diferentes clones de sauces y álamos mediante reproducción vegetativa a partir de estacas y plantas de fresno americano y aguaribay que se obtienen de semilla en vivero y se llevan posteriormente a la Planta para su rustificación y crecimiento, con el objetivo de utilizar las plantas para arbolado urbano en diferentes sectores de Las Grutas y de San Antonio Oeste.



Ilustración 3 Situación actual en Las Grutas. Fuente: DPA

- **Ingeniero Jacobacci**

Este proyecto surge del convenio de cooperación desde el año 2015 entre el Departamento Provincial de Aguas, Universidad Nacional de Río Negro, Instituto nacional de Tecnología Agropecuaria, Cooperativa de Agua de Ing. Jacobacci, para el desarrollo de la Región Sur, Municipalidad de Ing. Jacobacci, Centro de Enseñanza Técnica N° 26 (Miembro Anexado en 2021)

Objetivos:

- ❖ Preservar de contaminación con efluentes el área de mallín y reserva hídrica de la localidad.
- ❖ Analizar el impacto del riego con efluentes (producción de los cultivos, modificación de variables edáficas).
- ❖ Evaluar tecnologías de riego con efluentes.
- ❖ Obtener productos forestales de uso en la zona (leña, postes, varillas, madera para aserrado).
- ❖ Contribuir a mejorar la calidad ambiental.



Ilustración 4 Localización de la PTLC de Ing. Jacobacci. Fuente: DPA

Ingeniero Jacobacci es la principal ciudad de la denominada Línea o Región Sur de la provincia con aproximadamente 7.000 habitantes.

La PTLC se encuentra en un predio que originalmente tenía 3 ha., distante aproximadamente 2 km del casco urbano de la localidad. Fue construida y puesta en funcionamiento en el año 2010 como parte de las obras del Programa de mejoramiento barrial para el barrio “matadero” recibiendo el efluente de 220 conexiones domiciliarias, con un caudal de salida estimado en 1,9 l/s, encontrándose en ejecución actualmente la obra que permitirá conectar 350 familias más al sistema cloacal.

El efluente tratado de esta planta era vertido a infiltración en el suelo mediante bombeo a un sector distante de la laguna de tratamiento y por acumulación terminaba afectando al área de mallín dentro de la cuenca del Arroyo Huahuel Niyeu, declarado reserva hídrica de la localidad.



Ilustración 5 Área de mallín con descarga de efluente tratado año 2015. Fuente: DPA

En el año 2011 se realizó una primera plantación (0,2 ha) de manera empírica de varias especies

forestales naturalizadas en la región (olmo, álamo, olivillo, acacia) dispuestas en hileras, regadas con el efluente tratado utilizando acequias.

De esa plantación en el año 2022 se hizo una poda de donde se obtuvieron aproximadamente 7 m³ de leña.



Ilustración 6 Forestación del año 2011. Fuente: DPA



Ilustración 7 Leña obtenida de poda 2022. Fuente: DPA

En el año 2015 como parte de las actividades del Convenio citado, se implantaron parcelas experimentales con especies leñosas (Olivillo y Sauce - Clon híbrido *Salix matsudana* x *alba* 524/43 -) con riego localizado utilizando manguera de PE de ½" perforada y forrajeras (pasto natural y alfalfa) en parcelas regadas por inundación (pequeñas melgas) que en un diseño experimental sirven para contrastar crecimiento, producción de biomasa y contrastar valores de variables físico químicas del suelo en parcelas regadas con ART y regadas con la fuente natural de agua (perforación),



Ilustración 8 Parcelas experimentales de pastura. Fuente: DPA



Ilustración 9 Forestación instaladas en año 2015. Fuente: DPA

En el año 2020 se anexó al predio de la Planta cloacal una parcela de 4 ha que era propiedad fiscal de la provincia y el DPA contrató la obra de alambrado olímpico perimetral, instalación de un tanque

cisterna para reserva de efluente tratado, casilla de bomba, bomba centrífuga e instalaciones eléctricas para su funcionamiento y en el año 2021/2022 se plantó 1 ha de especies forestales (álamos y olivillos) con riego localizado (manguera de PE perforada), estando previsto la continuidad de la forestación en años sucesivos.



Ilustración 10 Plantación Forestal año 2021/2022. Fuente: DPA



Ilustración 11 Plantación Forestal año 2021/2022. Fuente: DPA

Como parte de las actividades de este Convenio se hicieron talleres de sensibilización social sobre el tema con distintos actores de la Sociedad local y en el año 2021 se editó y publicó un libro en soporte físico y digital

https://drive.google.com/file/d/1T-3VoNGecyclspEL_kBlqpbWa1ilcKs/view?usp=sharing , declarado de interés socio comunitario, educativo, ambiental y cultural por la Legislatura de la Provincia de Río Negro.

- **General Conesa**

Proyecto en Convenio de cooperación desde el año 2019 entre el Departamento Provincial de Aguas, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Aguas Rionegrinas S.A.

Objetivos

- ❖ Disminuir el vertido de efluente cloacal tratado al río Negro.
- ❖ Producción de material vegetal para abastecimiento y/o comercialización local.
- ❖ Contribuir a mejorar la calidad ambiental.

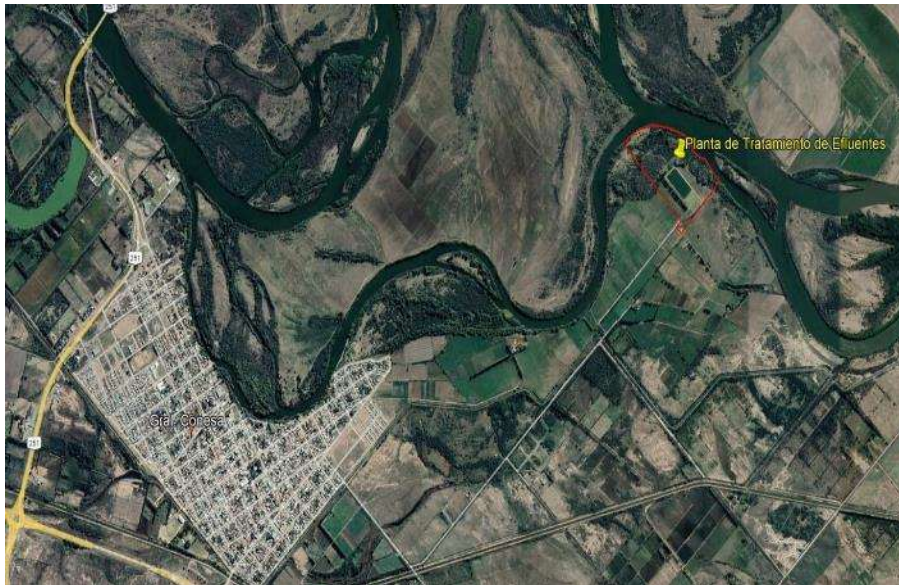


Ilustración 12 Ubicación PTLC Gral. Conesa. Fuente: DPA

General Conesa es una localidad que tiene aproximadamente 8.000 habitantes. La planta de tratamiento de líquidos cloacales se encuentra en un predio de 18 ha, sobre la margen derecha del Río Negro distante aproximadamente 4 km del casco urbano de la localidad. Funciona desde el año 2005 y cuenta con unas 550 conexiones domiciliarias, habiéndose medido un caudal de salida de 6-7 l/s que se dispone al cauce del Río Negro.

Si bien las actividades del Convenio de uso de los efluentes tratados en riego se iniciaron en el año 2019, por diversas circunstancias (incendio en el predio, daños por animales, falta de personal para operación y mantenimiento, pandemia) recién en el año 2022 se pudo establecer un estaquero de salicáceas (clones de sauce-Geminis, Carapachay, Lezama, Agronales, Yagareté - y álamos – Triplo 40, Ñacurutu, R22 - del programa de mejoramiento genético para valles de Norpatagonia que lleva adelante el INTA y se obtuvieron plantines de especies florales ornamentales que se plantaron en canteros de la Municipalidad.



Ilustración 13 Labores culturales en estaquero de salicáceas y producción de plantas. Fuente: DPA



Ilustración 14 Labores culturales en estaquero de salicáceas y producción de plantas. Fuente: DPA

El proyecto contempla ampliar la superficie de producción de material vegetal de salicáceas y hacer distintas experiencias adaptativas de cultivos agrícolas (maíz, alfalfa) y forestales (especies para arbolado urbano, leña o aserrado).

El material de salicáceas producido en estaquero se destinará a la forestación de unas 12 ha disponibles previo acondicionamiento de terreno, instalaciones e infraestructura de riego.



Ilustración 15 Sector a utilizar con ART dentro del predio de la PTLC. Fuente: DPA

- **San Javier**

Es un proyecto en Convenio de cooperación desde el año 2021 entre Departamento Provincial de Aguas, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Comisión de Fomento Fuerte San Javier y Aguas Rionegrinas S.A.

Objetivos:

- ❖ Disminuir el vertido de efluente cloacal tratado al río Negro.
- ❖ Producción de material vegetal para abastecimiento y/o comercialización local.
- ❖ Contribuir a mejorar la calidad ambiental.



Ilustración 16 Ubicación de la PTLC de San Javier. Fuente: DPA

San Javier es una Comisión de Fomento que tiene unos 1.500 habitantes. La planta de tratamiento de líquidos cloacales se encuentra en un predio de 3 ha, distante aproximadamente 1,5 km del casco urbano de la localidad. Funciona desde el año 2012 y cuenta con unas 200 conexiones domiciliarias, habiéndose medido un caudal de salida de 0,9 l/s que se dispone a un colector de drenaje que descarga al río Negro.

El proyecto se inició con la conformación de un estaquero con clones de salicáceas seleccionados por INTA y la implantación de una cortina forestal sobre el lado de acceso a la planta de tratamiento (Casuarinas y Pino halepensis),



Ilustración 17 Cortina forestal regada con ART.
Fuente: DPA



Ilustración 18 estaquero de salicáceas regados con ART. Fuente: DPA

La continuidad en años sucesivos prevé la forestación de sectores dentro del predio de la planta de tratamiento, riego de especies forestales o arbustivas en el predio aledaño destinado a cementerio parque e implantación y riego de una cortina forestal sobre la traza de la ex Ruta Nacional N° 3. Con esta finalidad se están ejecutando obras de acondicionamiento del lugar, construcción de un reservorio y compra de materiales de riego (bomba centrífuga, tuberías, programador, electroválvulas).



Ilustración 19 Sectores proyectados para uso de ART en San Javier. Fuente: DPA

- **Choele Choel**

El proyecto se inició en el año 2018 como parte de la obra de Plan Director de cloacas de la localidad. Esta ciudad del Valle Medio del Río Negro carecía de sistema de tratamiento de efluentes cloacales, los cuales se vertían en forma “cruda” al río.

Con financiamiento nacional se ejecutaron obras de redes, colectores, estaciones elevadoras y la planta de tratamiento del efluente con una superficie de 30 ha para disponer el líquido tratado en riego forestal, constituyendo la primera planta construida bajo el concepto de “vuelco cero” y reúso del efluente tratado en riego.

Choele Choel tiene una población aproximada de 15.000 habitantes y hay registro de 5.710 conexiones domiciliarias al servicio de cloacas.

Esta planta de tratamiento se ubica en la barda o meseta que enmarca el valle de río, al norte de la Ruta Nacional N° 22 cerca de la zona donde se proyecta el futuro parque industrial, distante aproximadamente 6 Km. del centro urbano.



Ilustración 20 Ubicación de la PTLC Choele Choel. Fuente: DPA

Con la ejecución de las obras y puesta en funcionamiento del sistema se habilitaron para forestación 5 ha. A ser irrigadas en forma gravitacional, de las cuales se forestaron 3 ha utilizando clones de sauce (Salix matsudana x alba, Barret 14/44 INTA, Ragonese 131/25 INTA)

Objetivos:

- ❖ Desarrollar una forestación comercial destinada al abastecimiento de madera al mercado regional
- ❖ Contribuir a mejorar la calidad ambiental



Ilustración 21 Sector dentro de la PTLC para uso del ART en riego forestal. Fuente: DPA

Originalmente la operación y manejo del proyecto de reuso estuvo en manos de una Cooperativa de trabajo contratada por el D.P.A. Desde el año 2021 está en vigencia un Convenio de Cooperación para tal finalidad entre el Departamento Provincial de Aguas, la Municipalidad de Choele Choel y Aguas Rionegrinas S.A.



Ilustración 22 PTLC de Choele choel. Fuente: DPA



Ilustración 23 Cortina forestal regada con ART. Fuente: DPA

2.1.6 Referencias sobre la política de reúso en Israel

El Estado de Israel está situado al borde del desierto, con un clima que varía entre mediterráneo y árido. La pluviosidad media anual en el norte del país es de unos 1.000 mm en años lluviosos, y en el sur, las precipitaciones oscilan entre los 30 mm (en Eilat, el punto más al sur de Israel) y los 200 mm de media plurianual. Además, la temporada de lluvias es corta, normalmente sólo 5 o 6 meses, entre octubre y marzo, concentrándose la mayor parte de las precipitaciones entre diciembre y febrero (20, 25 y 21% respectivamente). Alrededor del 60% del agua de lluvia se evapora, el 30% se infiltra a las aguas subterráneas y entre el 5 y el 10% fluye a través de los ríos.

La distribución de las fuentes naturales de agua está directamente relacionada con las precipitaciones. Así, es posible ver que la mayor cantidad de recursos hídricos se concentra en la región Norte del país y que el Sur es casi completamente desértico.

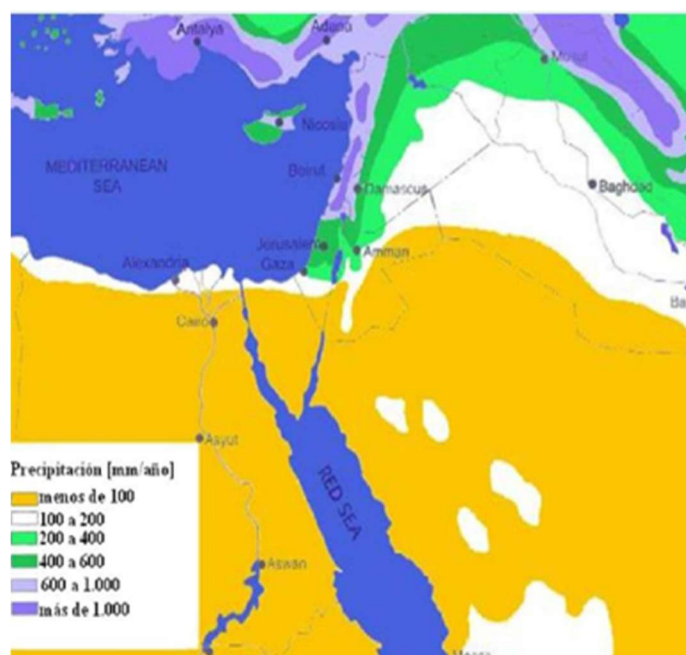


Ilustración 24 Distribución de la precipitación en el Oriente Medio. Fuente: Mekorot

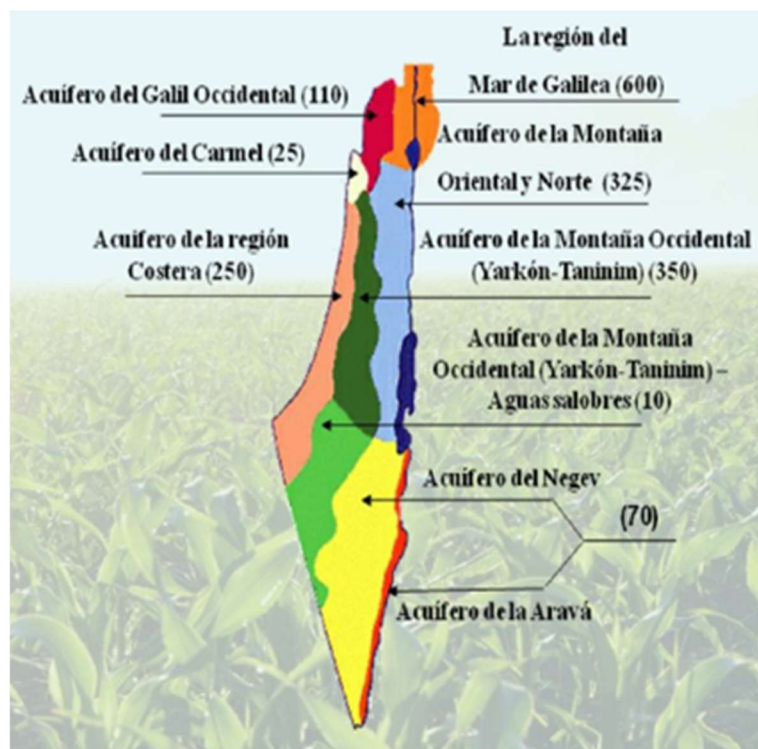


Ilustración 25 Distribución de los recursos hídricos in Israel. Recarga anual en millones de m³, (presentada en paréntesis para cada fuente). Fuente: Mekorot

De acuerdo con la Ley de Aguas, redactada en 1959, todos los recursos hídricos pertenecen al público y cualquier uso del agua requiere un permiso (o licencia de uso) y está regulado por la Autoridad del Agua. Cabe destacar que el término "todos los recursos hídricos" también incluye fuentes no tradicionales para la época en que se redactó la ley, como los efluentes tratados y el agua de desalinización. Esta estructura de control centralizado fue y es utilizada como base para la gestión de los recursos hídricos en Israel: cuánta agua se puede extraer de cada uno de los recursos disponibles durante las diferentes épocas del año, así como la cantidad de agua asignada a los diferentes consumidores. Para gestionar de manera eficiente el sector del agua, se implementó un amplio sistema de monitoreo y medición, que incluye el monitoreo del volumen extraído de cada fuente, la calidad del agua, los niveles de agua subterránea, etc.

2.1.6.1 Tratamiento y reutilización de aguas residuales

Para satisfacer la creciente demanda de agua potable durante la década de 1980, gran parte del sector agrícola se fue trasladando gradualmente a la irrigación basada en efluentes recuperados. Actualmente, el 85% del efluente producido en Israel se recupera para uso agrícola, y el agua potable representa menos del 50% del agua consumida para la agricultura.

El modelo local a seguir para el tratamiento y la recuperación de aguas residuales es Shafdan, la planta de tratamiento de aguas residuales del área metropolitana de Tel Aviv. Shafdan, la planta de tratamiento de aguas residuales más grande de Israel, es propiedad de Igudan (Asociación de Ciudades de la Región de Dan para el Alcantarillado y el Medio Ambiente) y presta servicio a una población de más de dos millones de personas en el área más densamente poblada de Israel. La planta se considera una de las más grandes y avanzadas de su tipo en Oriente Medio, y trata entre 130 y 140 millones de

m³ de aguas residuales al año. Mekorot ha sido el operador de la planta de tratamiento de aguas residuales de Shafdan durante más de 40 años.

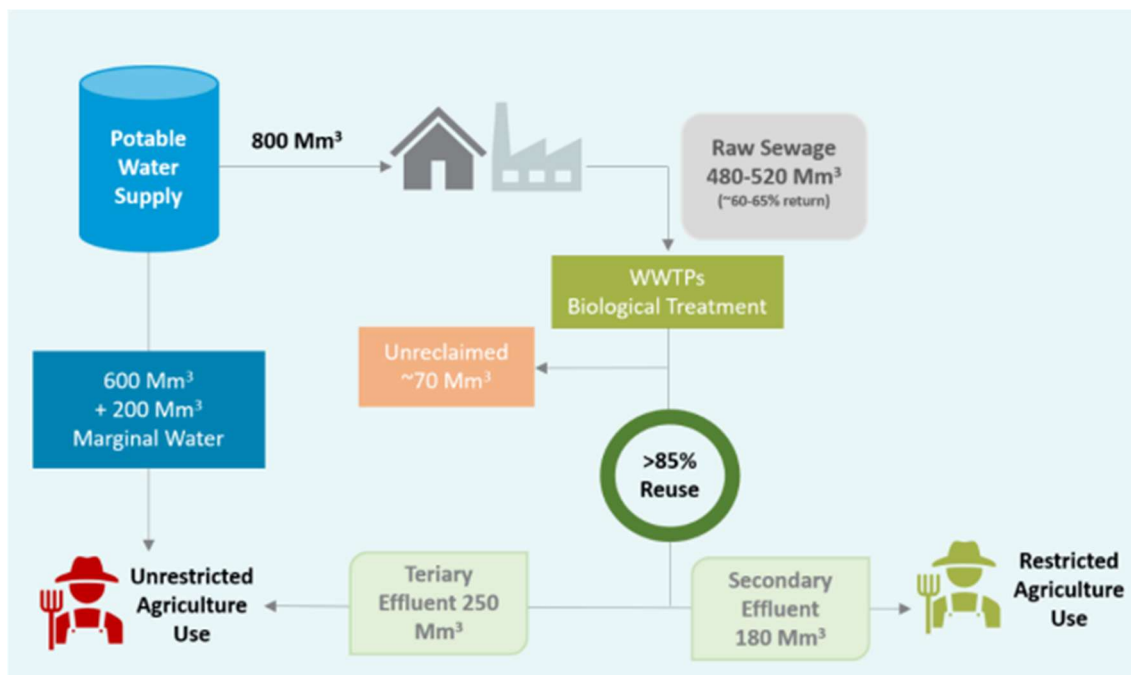


Ilustración 26 Sistema de recuperación de aguas residuales. Fuente: Mekorot

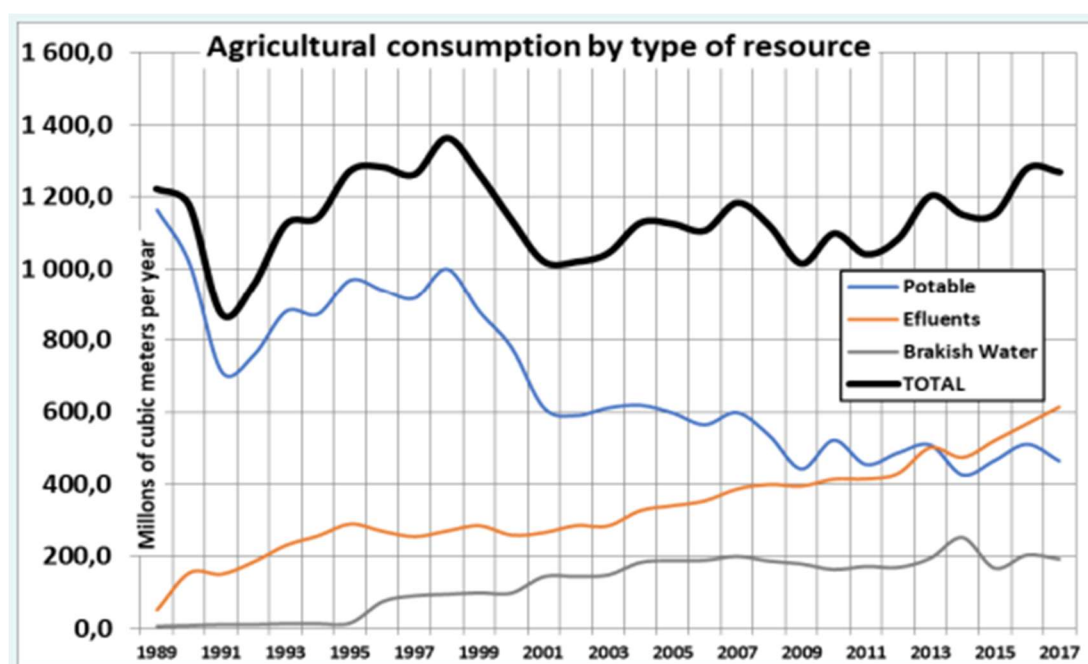


Ilustración 27 Consumo agrícola según tipo de fuentes desde 1989. Fuente: Mekorot

El sistema de tratamiento de Shafdan incluye lodos activados con nitrificación-desnitrificación parcial. Los lodos se someten a una digestión anaeróbica termófila, que produce lodos de clase A que se pueden aplicar directamente a la agricultura sin necesidad de un tratamiento adicional. Los efluentes secundarios producidos por Shafdan se someten a un tratamiento de suelos y acuíferos (SAT) y a una

desinfección antes de ser suministrados para uso agrícola. En el SAT, los efluentes secundarios se infiltran en el área local del acuífero costero israelí a través de cuencas de expansión dedicadas en el área que rodea a Shafdan.

2.1.6.2 Control de calidad del efluente tratado

Israel tiene regulaciones estrictas (Reglamento de Salud Pública para la Calidad de Efluentes y Tratamiento de Aguas Residuales, 2010) que determinan criterios mínimos de calidad para aguas residuales tratadas, más específicamente para agua recuperada destinada al riego. Las regulaciones definen tres categorías principales de agua recuperada:

- ❖ Agua recuperada para riego restringido: generalmente producida por una instalación de recuperación más pequeña que recibe aguas residuales de
- ❖ calidad típica para menos de 5000 personas equivalentes (DBO > 300 mg/l; DQO > 500 mg/l).
- ❖ Agua recuperada para riego sin restricciones: generalmente producida por una instalación de recuperación más grande que recibe aguas residuales de calidad típica para más de 5000 personas equivalentes (DBO < 300 mg/l; DQO < 500 mg/l).
- ❖ Agua recuperada destinada a ser descargada en arroyos (independientemente del tamaño de la planta de tratamiento de aguas residuales).

Se especifica un método de muestreo designado para cada parámetro, así como una frecuencia de muestreo definida que varía según el tamaño de la planta de tratamiento de aguas residuales. Además, se definen criterios específicos para cuencas seleccionadas que establecen concentraciones máximas permitidas para la descarga dentro de ellas. Estos criterios específicos para cuencas hidrográficas son menos estrictos que los requisitos para el riego sin restricciones, pero en algunos casos más estrictos que los requeridos para el riego restringido.

Parameter Parámetro	Units Unidad	Unrestricted irrigation			Restricted irrigation			Discharge to streams		
		Max			Max			Max		
		Riego sin restricciones			Riego con restricciones			Descarga a arroyos/rios		
		Prom Mensual	Máx	Mín	Prom Mensual	Máx	Mín	Prom Mensual	Máx	Mín
BOD	mg/L	10	15		20	30		10	15	
TSS 105 ⁰ c	mg/L	10	15		30	45		10	15	
COD	mg/L	100	150		100	150		70	100	
NH ₄	mg/L	10	15		50	60		1.5	2.5	
TN	mg/L	25	35		60	75		10	15	
Ptot	mg/L	5	7		12	17		1	2	
Cl	mg/L	250	280		250	280		400	480	
EC	dS/m	1.4	1.8		1.4	1.8				
F	mg/L	2	3		2	3				
Na	mg/L	150	200		150	200		200	240	
DO	mg/L			0.5			0.5			3
pH			8.5	6.5		8.5	6.5		8.5	7
Mineral oil	mg/L							1	1.5	
Residual Cl	mg/L	1	2.5	0.8	1	2.5	0.8	0.05	0.1	
Anionic detergents	mg/L	2	3		2	3		0.5	1	
SAR	(Mmol/L) 0.5	5	6.5		5	6.5				
B	mg/L	0.4	0.5		0.4	0.5				
Hg	mg/L	0.002	0.005		0.002	0.005		0.0005	0.0025	
Cr	mg/L	0.1	0.25		0.1	0.25		0.05	0.25	
Ni	mg/L	0.2	0.5		0.2	0.5		0.05	0.25	
Se	mg/L	0.02	0.05		0.02	0.05				
Pb	mg/L	0.1	0.25		0.1	0.25		0.008	0.04	
Cd	mg/L	0.01	0.025		0.01	0.025		0.005	0.025	
Zn	mg/L	0.2	5		0.2	5		0.2	1	
As	mg/L	0.1	0.25		0.1	0.25		0.01	0.05	
Fe	mg/L	2	5		2	5				
Cu	mg/L	0.2	0.5		0.2	0.5		0.02	0.1	
Mn	mg/L	0.2	0.5		0.2	0.5				
Al	mg/L	5	12.5		5	12.5				
Mo	mg/L	0.01	0.025		0.01	0.025				
Vd	mg/L	0.1	0.25		0.1	0.25				
Be	mg/L	0.1	0.25		0.1	0.25				
Co	mg/L	0.05	0.125		0.05	0.125				
Li	mg/L	2.5	6.25		2.5	6.25				
CN	mg/L	0.1	0.2		0.1	0.2		0.005	0.01	

Ilustración 28 Requisitos mínimos de calidad del agua para riego y vertido a cursos de agua. Fuente: Mekorot

2.1.6.3 Uso de efluentes recuperados para riego: química circular y una perspectiva más amplia

Una de las consecuencias del uso de efluentes recuperados para riego es que los residuos que se encuentran en productos domésticos de uso común pueden llegar al efluente y afectar a los cultivos que se cultivan con estos efluentes. En esos casos, la química de nuestros productos domésticos comunes puede afectar la química del agua utilizada para riego, lo que a su vez puede afectar el rendimiento o la calidad del producto. Un ejemplo de esta química circular se puede dar al examinar

el caso israelí del contenido del mineral boro en los detergentes para ropa.

El principal proceso de tratamiento de pulido aplicado a los efluentes secundarios antes de su reutilización para riego en Shafdan, la planta de tratamiento de aguas residuales más grande de Israel que presta servicio al área metropolitana de Tel Aviv, es la filtración a través de un sistema de tratamiento de suelos y acuíferos (SAT). En este proceso, los efluentes secundarios se distribuyen en cuencas dedicadas sobre el acuífero freático costero de Israel al sur de la ciudad de Rishon Le'Tziyon. Durante la infiltración a través de las dunas naturales de arena, los efluentes sufren tanto una filtración mecánica/adsorción por la arena como una degradación biológica por bacterias naturales del suelo. La calidad resultante de los efluentes recuperados es tan cercana a la calidad potable que el riego con estos efluentes se realiza según los principios que se utilizan normalmente para el riego con agua potable. En este esquema de tratamiento, no se aplica ningún tratamiento especializado para eliminar componentes específicos.

Un componente clave de los efluentes domésticos proviene de las lavadoras e incluye residuos químicos de detergentes de uso común. Estos productos químicos, principalmente sodio y boro, no son eliminados por el SAT. Además, estos elementos tienen dos efectos potencialmente nocivos. Ambos elementos pueden deteriorar la calidad del agua de los acuíferos subyacentes a los campos regados con agua recuperada: más de 130.000 toneladas de Na y más de 260 toneladas de B se liberaron anualmente en el sistema colector doméstico por el uso de detergentes para ropa. El boro es tóxico para muchas plantas en bajas concentraciones.

Se hizo evidente que para que la reutilización del agua para la agricultura fuera la nueva norma, se debían lograr niveles más bajos de B y Na en los efluentes domésticos. Según una encuesta publicada en 1997, el Na liberado por los detergentes para ropa representaba el 40% del Na en los efluentes, y el B liberado representaba el 80-90% del B en el efluente. Para reducir las concentraciones de B y Na en los efluentes, se necesitaba un nuevo enfoque para gestionar la composición de los detergentes para ropa en Israel. Una encuesta realizada sobre contaminantes en efluentes mostró una amplia variabilidad en la concentración de B en diferentes tipos de detergentes para ropa, que oscilaba entre 0,2 y 0,5 gr de B/kg de detergente en detergentes líquidos compactos hasta 8,4 gr de B/kg de detergente en detergentes en polvo (no líquidos) normales (el máximo permitido en ese momento). Ese estudio también mostró que al reducir la concentración de B en detergentes no líquidos de 8,4 a 0,5 gr B/kg de detergente, la cantidad de B liberada anualmente a los efluentes domésticos por el uso de detergente para ropa puede reducirse de 260 toneladas a solo 14 toneladas por año.

Para reducir el contenido de B en los detergentes para ropa, se tomó la decisión de crear una nueva Norma israelí (IS438): detergentes de limpieza: requisitos para garantizar la protección del medio ambiente y el marcado adecuado de la información: Detergentes para lavado – 1998. Esta nueva norma exigía reducir el contenido de Na en los detergentes en un 33% y el contenido de B en un 94% en los 8 años siguientes a su establecimiento. El seguimiento realizado a principios de la década de 2000 mostró que las concentraciones de B en el agua recuperada están disminuyendo de acuerdo con las predicciones basadas en modelos (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

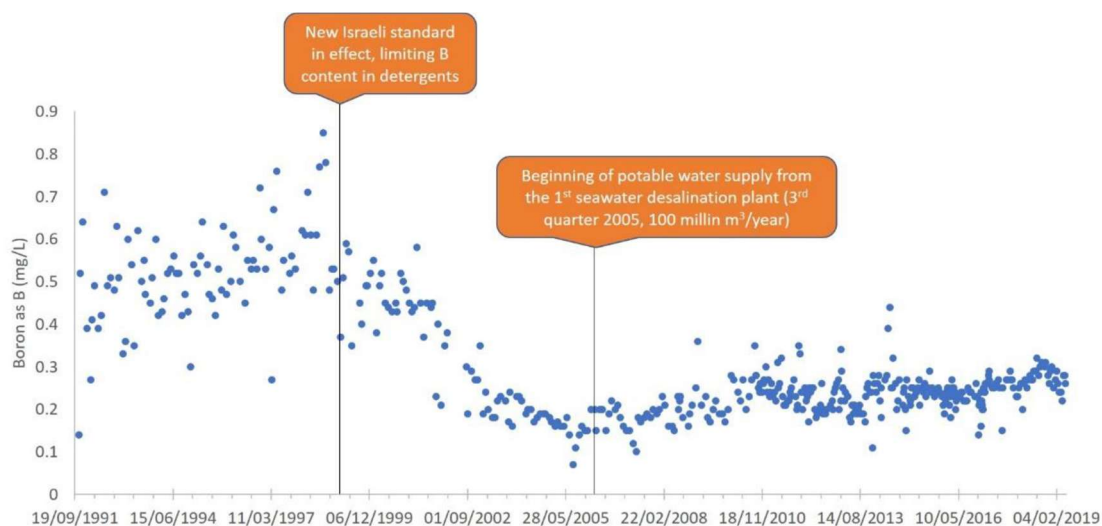


Ilustración 29 Cambios dramáticos en la concentración de B en el efluente secundario de la planta de tratamiento de aguas residuales de Shafdan a lo largo del tiempo en respuesta a cambios drásticos en la regulación.

La decisión de implementar la desalinización de agua de mar a gran escala como fuente de agua potable introdujo una nueva fuente de boro en el agua potable (y en los efluentes domésticos), ya que el agua de mar es naturalmente rica en B. Para limitar el posible aumento de la concentración de B en el efluente recuperado resultante del tratamiento de las aguas residuales domésticas, los requisitos de calidad del agua definidos para las plantas de desalinización incluyen un nivel máximo permitido de B. Los niveles permitidos de B (0,3,0,4 mg/l) se establecen para cumplir con los requisitos de calidad del agua para riego y descarga a arroyos (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). La puesta en servicio de la primera planta de desalinización a fines de 2005 y otras plantas posteriores son evidentes en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde se puede observar un aumento marcado de la concentración de B en los efluentes secundarios de la planta de tratamiento de aguas residuales de Shafdan a partir de fines de 2005.

2.1.6.4 Medidas reglamentarias y de otro tipo para aumentar la reutilización en la agricultura

En Israel, la práctica habitual es conceder a cada agricultor una cuota de agua para riego. Hasta 1989, estas cuotas se basaban estrictamente en el agua potable. La construcción de la Tercera Línea hasta el Néguev (véase la ficha informativa 3) puso a disposición de los agricultores de la región seca del sur del país una nueva fuente de agua apta para el riego sin restricciones.

Se adoptaron las siguientes medidas para aumentar la aceptación y la voluntad de los agricultores de utilizar efluentes recuperados para riego:

- ❖ Se organizaron eventos de consulta en los que se proporcionó información a los agricultores sobre las ventajas y los aspectos de seguridad del riego con agua recuperada.
- ❖ Se ofreció a los agricultores un aumento del 20% en su cuota de agua por la parte que estuvieran dispuestos a reemplazar con efluentes recuperados (es decir, por cada 100 m³ de cuota de agua potable que renunciaran, el agricultor recibiría 120 m³ de cuota de efluentes recuperados).
- ❖ La calidad de los efluentes recuperados de la planta de tratamiento de aguas residuales de Shafdan (véase la ficha informativa 2) supera con creces la de los efluentes terciarios.

- ❖ El riego con estos efluentes está regulado por el Ministerio de Salud de acuerdo con los criterios establecidos para el agua potable, lo que elimina la carga burocrática de solicitar un permiso para el riego con efluentes recuperados.
- ❖ Por razones similares, los cultivos regados con efluentes recuperados de Shafdan se consideran cultivados con agua potable para fines de exportación internacional.

Con el tiempo, los agricultores se dieron cuenta de que los efluentes recuperados contienen nutrientes valiosos (N, P) que reducen el costo de fertilización, lo que creó otra motivación para la reutilización de efluentes.

Hoy en día, la demanda de efluentes recuperados en general, en particular de aquellos de alta calidad Shafdan, supera con creces la cantidad de efluentes disponibles para el suministro. Mekorot trabaja constantemente para aumentar sus tasas de reutilización y para proporcionar a los agricultores más efluentes recuperados Shafdan de alta calidad para riego.

2.1.7 Análisis sobre el proceso de planificación y optimización del reúso de efluentes tratados en la Provincia de Río Negro

En el año 2010, en su reunión de Comité Ejecutivo, la Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC), dentro de la cual la Provincia de Río Negro tiene representación, propuso la eliminación en el mediano y largo plazo de todo tipo de vuelco de efluentes en ríos y lagos de la cuenca mediante el tratamiento y reutilización de los mismos y para el caso particular de efluentes cloacales la reutilización en riego forestal evitando así procesos de contaminación de cuerpos de agua, la captación de carbono atmosférico, producción de madera para distintos usos y fijación de suelos para disminuir procesos de erosión.

En función de lo anterior la provincia de Río Negro, si así lo decide, debería desarrollar una política para el reúso de los efluentes tratados, siendo el Departamento Provincial de Aguas (DPA) como Autoridad de Aguas el organismo responsable de la implementación de dicha política.

Para la implementación de una política, esta debería respaldarse de instrumentos legales e institucionales acordes que definan objetivos, responsabilidades y asignen recursos. De no ser así, la propuesta de la AIC quedara en un mero acto declarativo que difícilmente sea implementado.

Si bien, es lógico que la responsabilidad de liderar estos procesos recaiga en la Autoridad del Agua (DPA) se requiere de la participación de múltiples áreas del Estado Provincial y de otros actores públicos y privados para alcanzar los objetivos que se plantean.

Esto se debe a que los desafíos que se plantean no son solo técnicos si no también políticos y sociales pero fundamentalmente porque los beneficios son para la toda la sociedad rionegrina.

Importancia del reúso de efluentes tratados

A nivel general los principales beneficios del reúso de efluentes tratados son:

- **Protección de cuerpos de agua:** La disposición inadecuada de efluentes puede causar contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Las políticas públicas deben enfocarse en proteger estos recursos hídricos mediante la promoción de prácticas sostenibles y la aplicación de sanciones a quienes violen las normativas.

- **Sostenibilidad ambiental:** El reúso del agua ayuda a reducir la extracción de recursos hídricos naturales, lo que contribuye a la conservación de los ecosistemas acuáticos y terrestres.
- **Adaptación al Cambio Climático:** El reúso del agua puede ser una estrategia clave para adaptarse a los efectos del cambio climático, como la variabilidad en la disponibilidad de agua.
- **Eficiencia en el uso del agua:** Promover el reúso del agua fomenta prácticas más eficientes en el uso del agua, lo que es crucial en regiones con escasez hídrica.
- **Nuevas áreas de riego:** Potencialidad de extender las áreas de riego en zonas donde no hay disponibilidad hídrica.
- **Aprovechamiento de nutrientes:** Incorporar a los cultivos agua con materia orgánica y nutriente (nitrógeno, fósforo, potasio) naturales, disminuyendo daños ambientales y costos de la incorporación de fertilizantes sintéticos.

Requisitos para implementar una política de reúso de efluentes tratados

- **Tratamiento de Efluentes:** Es esencial que las aguas residuales sean adecuadamente tratadas antes de su disposición o reúso. Esto implica la remoción de contaminantes y sustancias tóxicas para evitar daños al medio ambiente y a la salud pública.
- **Normativas Ambientales:** Las políticas públicas deben establecer normativas estrictas sobre la disposición de efluentes, asegurando que los vertidos cumplan con los estándares de calidad ambiental. Esto incluye límites sobre la concentración de contaminantes permitidos en las descargas.
- **Tecnologías de Tratamiento Avanzadas:** Fomentar el desarrollo y la implementación de tecnologías avanzadas para el tratamiento de efluentes puede mejorar la eficiencia y eficacia del tratamiento.
- **Monitoreo y Control:** Es vital establecer sistemas de monitoreo y control continuos para asegurar que los efluentes tratados cumplan con los estándares ambientales. Esto incluye la instalación de estaciones de monitoreo y la implementación de programas de inspección regular.
- **Reúso seguro del agua:** Además del tratamiento, es importante garantizar que el reúso del agua sea seguro. Esto implica definir usos específicos para el agua reciclada, como el riego agrícola, la recarga de acuíferos o el uso industrial, asegurando que no represente riesgos para la salud o el medio ambiente.
- **Educación y conciencia pública:** Fomentar la educación y la conciencia pública sobre la importancia del tratamiento adecuado de efluentes y la protección ambiental puede ayudar a generar apoyo y participación comunitaria en estas iniciativas.
- **Financiamiento y Apoyo Técnico:** Proveer financiamiento y apoyo técnico a los operadores y empresas para la implementación de sistemas de tratamiento de efluentes y tecnologías de reúso del agua es crucial para el éxito de estas políticas.

Sobre el reúso de efluentes tratados en la Provincia de Río Negro

Particularmente, en la Provincia de Río Negro el desarrollo de los grandes centros urbanos se ha producido a la ribera de los ríos. Esto ha generado que históricamente los efluentes tratados sean

vertidos a los cuerpos de agua.

Los grandes sistemas de riego también se desarrollaron cerca de los ríos no solo por la cercanía al agua sino también por la existencia de suelos con excelente capacidad agrícola. Debido a la ubicación de los sistemas de riego en cercanía de los ríos y con gran disponibilidad de agua no hay condiciones de necesidad hídrica por parte de la agricultura que se pueda suplir con los efluentes tratados.

En forma complementaria el uso de dichos efluentes tratados tiene varias condiciones que deben ser consideradas como por ejemplo el establecimiento de normas para su uso (tipo de cultivos, temporalidad de riego normas de bioseguridad, etc.), la obligación de asegurar una calidad en el efluente que sale de las plantas, su continua disponibilidad y la dificultad de compatibilizar su oferta con la demanda de los cultivos, entre otros.

En función de lo anterior, el factor preponderante para el uso de efluentes tratados es fundamentalmente ambiental impulsado por el interés de la sociedad. Esto es conocido por el DPA en su calidad de Autoridad de Aguas en la Provincia pero debe ser asumido por el estado provincial ya que la implementación de una política fundamentalmente ambiental que busque impulsar el reúso de los efluentes tratados requiere que se involucren muchas áreas del gobierno provincial.

Hasta la fecha los proyectos que se han desarrollado para el reúso de efluentes tratados en la Provincia de Río Negro son de pequeña escala con un gran esfuerzo por parte del personal del DPA buscando que mediante la articulación de distintos organismos del estado o del ámbito privado la gestión de estos proyectos se desarrolle de la mejor manera.

La falta de recursos asignados a estos proyectos se trata suplir con gestión y dedicación por parte de los actores involucrados, pero pone en evidencia que si se quiere asumir el desafío de extender el uso de efluentes tratados se debe generar un cambio radical para alcanzar los objetivos que se definan.

La limitación más evidente es la falta de recursos económicos para el desarrollo de las áreas de riego con efluentes tratados, pero también se debe contemplar la asignación de fondos para la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento.

Uno de los requisitos fundamentales de una política de reúso es garantizar a quien reciba el agua que la calidad responde a los estándares definidos para tal fin. Los usuarios deben tener la seguridad de quien está a cargo del tratamiento de efluentes lo hace como corresponde así como también de que el organismo regulador implementa los controles necesarios para asegurar el cumplimiento de las normas. Para esto el funcionamiento de las plantas de tratamiento debe ser el adecuado y contar con los recursos económicos y humanos para tal fin.

Si bien los proyectos implementados en la provincia hasta la fecha son de pequeña escala sirven claramente para poner en evidencia los desafíos que implica el reúso de efluentes tratados y los recursos que se necesitan para hacerlo de manera adecuada.

Para las pequeñas comunidades se debería evaluar rigurosamente si es conveniente implementar una política de “vuelco cero” o si ante la cantidad de recursos que se requieren para que las áreas de riego

con efluentes tratados funcionen adecuadamente no es conveniente verter a los cuerpos de agua asegurando que se han minimizado los posibles impactos. La garantía sobre la reducción de los impactos se puede cumplir asegurando el buen funcionamiento de las plantas y de ser necesario se puede incorporar humedales que servirán para amortiguar variaciones en el funcionamiento de las plantas. Lo anterior se basa en la capacidad de autodepuración de los ríos sobre todo frente al impacto de volúmenes que son insignificantes frente al caudal de los mismos ríos. En el caso de la Provincia de Río Negro las pequeñas localidades producen efluentes tratados en el orden de decenas de litros por segundo y los ríos tienen caudales de centenas de metros cúbicos por segundo.

La implementación de proyectos de reúso en localidades del interior provincial con baja disponibilidad hídrica es una muy buena oportunidad para generar recursos como por ejemplo riego de forestales, esto está siendo impulsado actualmente por el DPA.

En los grandes centros urbanos, el principal promotor será la preservación ambiental, esto requerirá un enfoque distinto. Los volúmenes de agua involucrados son mayores por lo tanto las superficies que deberán recibir estos efluentes serán mayores. La gestión de estas grandes áreas de riego requiere de un plantel de gente que cuente con los recursos económicos necesarios para tal fin. Se deberá identificar quienes son los posibles usuarios receptores de los efluentes tratados y tener hacia ellos un enfoque que va más allá del solo rol del “usuario” del agua, deberá ser un “socio estratégico” que si bien se puede beneficiar por el uso del agua cumple un rol fundamental en esta política ambiental del reúso de efluentes tratados.

El desarrollo de áreas de reúso en los otros centros urbanos de la provincia supone un enorme desafío que requerirá grandes inversiones y la participación de múltiples actores tanto estatales como privados.

De los grandes centros urbanos de la provincia solo la ciudad de Viedma tiene una planta de efluentes que contempla desde el proyecto el reúso de los efluentes tratados, pero a más de dos años de la puesta en funcionamiento de dicha planta no se ha podido desarrollar el área de reúso de efluentes tratados.

Requisitos para establecer una Política Pública

Si bien el proceso para establecer una política pública con respecto al reúso de los efluentes tratados tiene muchos requisitos, el principal y fundamental es la Decisión Política de implementar dicha política.

El compromiso gubernamental para iniciar el proceso debe mantenerse en el tiempo, de no ser así, es prácticamente imposible que se cumpla el objetivo de desarrollar una política pública exitosa y su permanencia en el tiempo.

Este compromiso gubernamental se debe manifestar mediante acciones concretas:

- Estableciendo un plan de acción concreto
- Definiendo un plan de trabajo
- Definiendo mecanismos de financiamiento
- Propiciando los cambios institucionales o legales necesarios
- Estableciendo mecanismos de participación entre los actores involucrados

- Actores públicos: Nacionales, Provinciales, Municipales, organismos descentralizados, organismos de control, agencias de ciencia y técnica, operadores de servicios, etc.
- Actores privados: usuarios, operadores de servicios, etc.

Teniendo en cuenta el peso del componente ambiental como principal impulsor de esta política, se debería analizar la valoración económica para la sociedad de este servicio ambiental que se presta mediante la reutilización de las aguas tratadas. Dicha valoración económica brindara una referencia de como asumir los costos no solo de las inversiones necesarias para financiar los proyectos de reúso sino también los costos de operación y mantenimiento.

La comunicación y capacitación son componentes fundamentales para alcanzar el éxito de estos proyectos. Se deben generar las capacidades técnicas en los organismos que estarán a cargo de la gestión de estas áreas de riego pero también deben capacitarse a los usuarios para que cumplan las normas que se requieren en la operación. La comunicación hacia la sociedad de los beneficios de estos proyectos es clave para sociabilizar los costos que se deben cubrir en las inversiones.

Uno de los roles más importantes es el rol del Organismo Regulador quien deberá velar por el cumplimiento de las normas establecidas para el tratamiento de los efluentes y por la calidad del líquido que sale de las plantas independientemente cual sea su destino final. Este Organismo deberá tener la autonomía y la autoridad suficiente para hacer cumplir dichas normas a actores públicos y privados siendo esta la única forma de asegurar a los usuarios del agua y a la sociedad entera que la gestión de los efluentes se hace de manera adecuada y se cumplen los objetivos planteados en la política pública de gestión de efluentes.

Conclusiones y recomendaciones

Definir y establecer una Política Pública de Gestión de Efluentes Tratados requiere como factor fundamental la decisión política del Estado Provincial para implementarla.

La materialización de dicha decisión política se verá reflejada estableciendo un Plan de Acción claro con los recursos humanos y económicos para cumplirlo. Se deberían impulsar también los cambios institucionales y legales necesarios junto con los mecanismos de coordinación que se requieran para asegurar la participación de los actores necesarios.

Implementar una Política Pública de Gestión de Efluentes Tratados exitosa brinda la oportunidad de generar importantes beneficios ambientales a la provincia sobre todo para las futuras generaciones entendiendo que el éxito de esta política depende de que la sociedad entienda que debe asumir los costos para disfrutar de los beneficios.

3. Sección II

3.1 Potencial Reúso de Efluentes Tratados

3.1.1 Sistemas de pequeña escala

3.1.1.1 Mainqué

En esta localidad del Alto Valle de Río Negro se finalizaron las obras de Plan Director de Cloacas y Planta de Tratamiento de líquidos cloacales en 2021, siendo el concesionario y operador del servicio la Cooperativa de Agua de Mainqué.

Si bien esta planta no se visitó por no estar incluida en el listado provisto por el DPA, se incluye una breve descripción con información provista por el DPA por ser una planta con potencial reúso en forestación.

La planta de tratamiento de los efluentes se ubica al pie de la barda o meseta distante unos 3800 m del centro urbano.



Ilustración 30 Ubicación PTLC y sector de uso ART en Mainqué. Fuente: DPA

Dentro del predio que se expropió para la obra del sistema de tratamiento hay una superficie de 28 ha destinadas a la disposición final del efluente tratado y su uso en forestación con sistema de riego gravitacional mediante surcos en curvas de nivel.

Mainqué es una localidad con poco más de 2.000 habitantes, registrándose a la fecha 800 conexiones domiciliarias al servicio de agua potable y 200 al servicio de cloacas.

El sistema de tratamiento de los efluentes cuenta con una laguna buffer la cual en la época de mayor demanda de agua del cultivo a regar se puede abastecer mediante bombeo de una toma realizada sobre un canal de riego secundario distante unos 1000 m de la laguna.

Este año se suscribió un Convenio entre el Departamento Provincial de Aguas, la Cooperativa de Agua de Mainqué y la Cooperativa de trabajo Forestal Eluney Ltda, con la finalidad que la Cooperativa

Forestal utilice el efluente en riego de una forestación de Álamos que se irá implantando en años sucesivos y que a futuro servirá para abastecer de materia prima a un aserradero que tienen en Gral. Roca.

3.1.1.2 Playas Doradas

Playas Doradas es una villa marítima dependiente del Municipio de Sierra Grande, con escasa población estable. El último dato oficial registraba 194 personas (INDEC 2010) estimándose en la actualidad unas 350 personas, con unas 2000 plazas – camas turísticas que se duplicaron de la temporada anterior, por lo que el turismo es una de las actividades económicas que genera actualmente mayor movimiento.

La PTLC se inauguró a inicios del año 2022 como parte del Plan Director de Cloacas de la villa con una proyección a 20 años de 10.000 habitantes y con disposición del efluente tratado para riego.



Ilustración 31 Ubicación PTLC e idea proyecto uso ART en casco urbano, Playas Doradas. Fuente: DPA

Si bien esta planta no se visitó por no estar incluida en el listado provisto por el DPA, se incluye una breve descripción con información provista por el DPA por ser una planta con potencial de reuso por el crecimiento poblacional por turismo en la época estival y por estar ubicada en una región árida sin fuente alternativa para riego.

A la fecha solo hay una idea – proyecto propuesta para el uso del efluente en riego de espacios públicos (plazas, bulevares, rambla marítima), loteos y cortinas/barreras forestales que sirvan para proteger la villa de los fuertes vientos que son característicos del lugar. Esta idea debe llevarse a nivel de Anteproyecto/Proyecto Ejecutivo de Ingeniería en función de la planificación de desarrollo urbano y deberán revisarse y ajustarse las regulaciones actuales para permitir este tipo de usos.

3.1.1.3 Pilcaniyeu

Esta localidad de la denominada “Línea Sur” de la provincia tiene una población de 1.000 habitantes. En el año 2021 se inauguró la planta de tratamiento de efluentes cloacales que hasta ese momento se vertían sin tratamiento a una acequia ubicada sobre el límite sur de la ciudad. Hay registro de 300 conexiones domiciliarias.

Si bien esta planta no se visitó por no estar incluida en el listado provisto por el DPA, se incluye una breve descripción con información provista por el DPA por ser una planta con potencial de reuso en forestación.

El predio de la planta tiene una superficie de 4 ha y se ubica al SE de la ciudad distante 800 m del casco urbano. Si bien esta planta no fue concebida con el concepto de “vuelco cero”, tampoco se realizaron las obras para disposición final del efluente.

Actualmente se está trabajando en el proyecto de conducción del efluente tratado y disposición en el Arroyo Tapera, cuyo cauce dista unos 300 m de la salida del efluente y se está gestionando un Convenio de Cooperación Técnica a suscribir entre el Departamento Provincial de Aguas, la Municipalidad de Pilcaniyeu, el INTA, la Universidad Nacional de Río Negro y el Ente para el Desarrollo de la Línea Sur con la finalidad de ejecutar un proyecto de uso del efluente en riego forestal dentro del predio de la planta en una superficie disponible de 1 ha con un propósito ambiental. Se han medido caudales de salida de efluente entre 1 y 4 l/s.



Ilustración 32 Ubicación PTLC y sector uso de ART Pilcaniyeu. Fuente: DPA

3.1.2 Sistemas de media o gran escala

Los efluentes cloacales tratados en las lagunas de estabilización u con otro método de tratamiento, por su calidad bacteriológica y su volumen, pueden ser utilizados en algunas actividades agropecuarias, como la producción de forrajes, cereales, los cultivos agroindustriales y la forestación, entre otros, dependiendo de las normativas establecidas en cada jurisdicción.

El uso de aguas marginales en agricultura no solo se considera para disminuir la presión sobre las fuentes usuales del recurso y la prioridad que las mismas tienen para el consumo humano, sino también a los fines de dar una solución a la disposición final del efluente tratado, siendo este último uno de los criterios de mayor ponderación para la búsqueda de soluciones a esta problemática.

Estos volúmenes de agua tratada son una de las fuentes que no se verán disminuidas por el efecto del cambio climático y que, al contrario, debido al crecimiento demográfico, irán incrementándose con los años.

La provincia de Río Negro está instrumentando una política de reúso de efluentes tratados y vuelco cero a cuerpos de agua en los planes directores de PTLC y como se mencionó en los antecedentes, en la Sección I, ha tenido importantes avances sobre todo en lograr la participación de instituciones y organismos que colaboran con la implementación de esta política. Se ha generado una interesante experiencia sobre los potenciales y las dificultades organizativas del reúso de efluentes tratados que será importante para la implementación a mayor escala en la provincia.

El uso para riego en agricultura es una de las principales alternativas viables, ya sea por los grandes volúmenes requeridos como por las condiciones de clima semiárido o árido de la mayor parte productiva de la provincia. La dificultad que se observa para el desarrollo de esta técnica de aprovechamiento del recurso tratado, es que la gran mayoría de las ciudades importantes en cuanto a cantidad de habitantes y por lo tanto mayor generación de efluentes tratados, se encuentran sobre el río Negro, que a su vez es una fuente de agua de excelente calidad para su uso en agricultura y con caudales importantes y no limitantes en estos momentos, sumado al bajo costo para la producción agropecuaria, tanto de regalías como de canon de riego. La provincia tendrá que implementar políticas de beneficios inicialmente para los productores que decidan incursionar en este tipo de producciones hasta lograr el convencimiento que es una alternativa segura en cuanto a calidad y cantidad del recurso y que además le proporcionará un beneficio extra por el aporte de nutrientes y el consiguiente ahorro en fertilizantes.

Es importante remarcar que para tener éxito en este tipo de políticas de reúso en agricultura, como así también en otras actividades (industrial, etc.) y en preservar la salud de los productores rurales que utilizan este recurso como los consumidores futuros de los productos logrados, es garantizar la calidad del efluente a entregar a lo largo del tiempo y para ello el normal funcionamiento de las PTLC y el control periódico de las mismas, cosa que en la actualidad no se está logrando (se realiza una amplia descripción más detallada de los problemas observados en las plantas visitadas por la consultora en la sección III del presente informe). Esto es importante porque la calidad del efluente si no cumple con ciertos parámetros puede provocar daños en los cultivos como así también en los suelos y en los equipos de aplicación, en algunos casos irreversibles o muy complejos de revertir.

No todas las aguas son aptas para ser aplicadas en agricultura de regadío, dependiendo no sólo de su contenido iónico en calidad y en cantidad, sino de otra serie de factores como son, entre otros, la permeabilidad del suelo, su pH, tipo de cultivo a implantar, características climatológicas, sistemas de riego, sales solubles del suelo, etc. El éxito en la irrigación de los terrenos está condicionado al conocimiento de las características de las aguas, así como a la naturaleza del terreno y de las exigencias de las plantas cultivadas.

Otro punto a tener en cuenta es actualizar la normativa para el reúso en agricultura. Si bien existe en la provincia la reglamentación a través de la Resolución N° 166/2017 del DPA (Departamento Provincial

de Aguas) que aprueba los parámetros y valores límites máximos para efluentes de plantas potabilizadoras, efluentes de plantas depuradoras de líquidos cloacales y aprueba las directrices de calidad microbiológica para uso de las aguas efluentes de plantas depuradoras de líquidos cloacales, debería revisarse y ampliarse incluyendo puntos como la revisión de usos permitidos con reúso de efluentes tratados (por ejemplo, recarga de acuíferos, riego de zonas verdes, riego de calles) con los parámetros de calidad para cada caso (en algunos inclusive exigiendo tratamientos terciarios). La normativa también debería contemplar explícitamente aquellos usos en los que está prohibido, costos o régimen financiero, ámbitos de aplicación, obligaciones para permitir el reúso, gestión de riesgos y criterios para evaluar el cumplimiento de las normas y su régimen sancionatorio.

Para tener una dimensión del potencial productivo que se plantea con estos volúmenes producidos, se pueden analizar distintas opciones de producción, teniendo en cuenta sobre todo las condiciones edáficas de los suelos en el área cercana a las plantas de tratamiento de efluentes, las condiciones climáticas de la región, las posibilidades de bombeo para llevar el recurso a zonas más alejadas y con condiciones productivas, etc.

Una de las opciones más frecuentes del reúso es la forestación, ya sea de salicáceas (álamos y sauces de rápido crecimiento) o forestaciones de eucaliptus y/o pinos. Es una opción a un plazo más largo que las otras opciones agrícolas pero que se adapta muy bien a este tipo de uso ya que su demanda hídrica anual es elevada (demanda neta anual superior a los 1.200 mm o 12.000 m³/ha), sobre todo en verano. Entre las ventajas de este tipo de cultivo se destaca que la demanda de recursos humanos y económicos para las prácticas culturales son muy bajas, sobre todo comparados con otro tipo de cultivos. Uno de los inconvenientes es la baja demanda de agua en invierno donde hay que evaluar otras alternativas para los volúmenes generados en esa época. Podría realizarse reservorios en zonas bajas naturales para su uso en verano y al mismo tiempo generar un espejo importante de evaporación que logre un equilibrio entre la oferta y la demanda. Otras opciones son la posibilidad de recarga del acuífero por reinyección o el vuelco a un cuerpo de agua cumpliendo los parámetros establecidos de calidad (la política de vuelco cero se entiende como una directriz a largo plazo y no como una restricción total de vuelco, ya que, en algunas ocasiones, por la ubicación de la PTLC, por la falta de tierras aptas para el reúso, por los caudales producidos, etc. no es factible a corto o mediano plazo su reúso).

Otra alternativa productiva interesante es la producción forrajera, regar pasturas de alfalfa o pasturas consociadas a base de alfalfa para producción de forraje, complementada con superficies de pasturas de agropiro (en caso de suelos con problemas de infiltración o salinización) o verdes de invierno para forraje (avena o cebada) en caso de contar con suelos de mejor calidad fisicoquímica. Esta combinación aprovecha los volúmenes de efluentes producidos ya que la pastura consociada de alfalfa tiene una demanda muy alta de agua en primavera, verano y otoño y las pasturas de agropiro, que, si bien también su requerimiento hídrico es similar, responden bien con riegos en otoño, invierno y primavera y restricciones de agua durante el verano, complementándose de esta manera en cuanto a la oferta hídrica durante el año de las plantas de tratamientos de líquidos cloacales. Los cultivos de cereales de invierno como cebada y avena para producción de forraje tienen una demanda hídrica acotada al otoño invierno y principios de primavera. Igualmente, en estos planteos, hay que tener una alternativa para el exceso de producción invernal de efluentes que se puede dar en años con precipitaciones más importantes a las normales, donde los requerimientos hídricos de los cultivos disminuyen considerablemente.

Una tercera alternativa, sobre todo para las localidades más pequeñas y por lo tanto con menores volúmenes de producción de efluentes es la utilización para riego de espacios verdes, forestaciones en parques o cortinas, aunque para ello habría que plantear una modificación en la normativa vigente. Lo que está permitido y es una opción interesante es la producción forestal para leña, plantaciones de olivos, recuperación de mallines, etc. como ya existen en algunos puntos de la provincia.

Para analizar los potenciales reusos en la provincia se pueden dividir en dos tipos de sistemas de acuerdo con la producción del efluente actual y potencial. Por un lado, estarían las PTLC pequeñas y con usos apuntados a un aspecto social (producción de leña, forestación en pequeña escala y en sectores de la misma planta, producción de plantas ornamentales y recuperación de mallines.

Por otro lado están las PTLC de ciudades más importantes desde el punto de vista de cantidad de habitantes y potencial de crecimiento que están realizando algún tipo de reuso o que potencialmente podrían tener reuso por los volúmenes producidos, la potencialidad de los suelos en zonas cercanas y el crecimiento potencial de la demanda ante una restricción de la oferta de agua de riego o el incremento del costo de la misma frente a una creciente oferta de efluente tratado, a un menor costo y con un ahorro extra de aplicación de fertilizantes. Estos planteos se orientan hacia emprendimientos productivos, aunque probablemente en las primeras etapas habrá que impulsar a través de beneficios, sobre todo económicos, hasta generar la confianza al productor de un recurso de calidad y cantidad garantizada que no ponga en riesgo su sistema productivo.

3.1.2.1 Viedma

El proyecto de la nueva planta de tratamiento de líquidos cloacales de la ciudad de Viedma (PTLCV), se realizó entre los años 2009-2010. El proyecto fue realizado con la premisa de vuelco cero. La falta de acceso a financiamiento en esos años hizo que el proyecto quedara en espera para su ejecución.

Con el anuncio del Plan Castello, la provincia incluyó entre las obras que se ejecutarían con esos fondos, a la nueva PTLC de Viedma. La obra que se licitó incluyó la ejecución de la mitad de los trenes de lagunas que se habían proyectado (6 de 12) y no incluyó las obras necesarias para el reuso agrícola. La disposición final no quedó resuelta ni incluida en el proyecto licitatorio, esperando que durante el transcurso y ejecución de la obra se pudiera desarrollar la solución pensada con el reuso del efluente tratado.

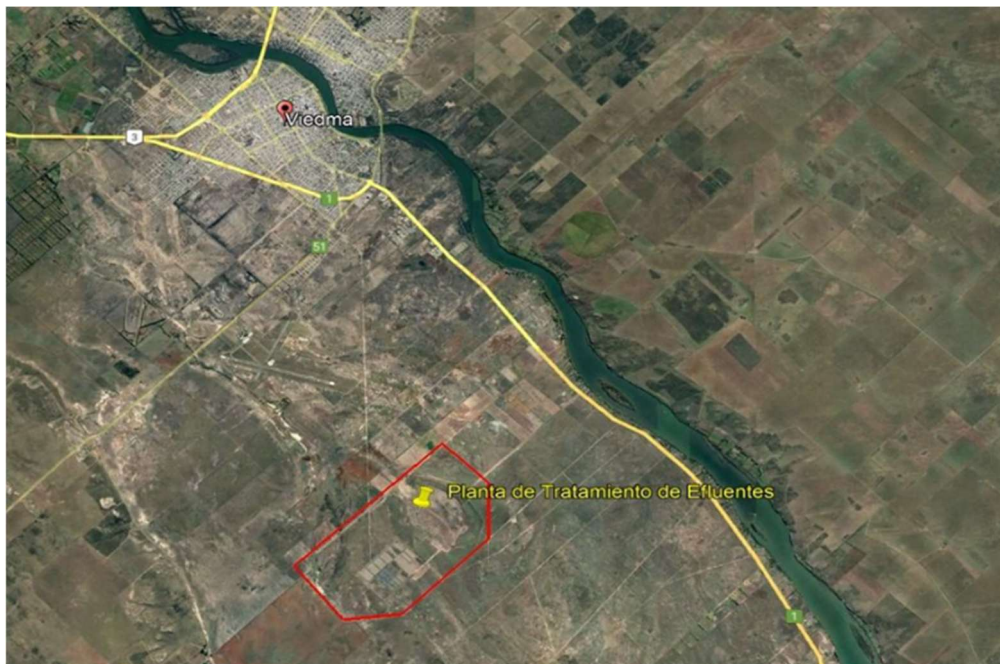


Ilustración 33 Ubicación nueva PTLC Viedma. Fuente: DPA

En cuanto al reúso agrícola se avanzó en distintas opciones, uso en el propio predio de la PTLCV y el uso por parte de establecimientos agropecuarios lindantes o cercanos a la planta a través de la reactivación de un viejo canal en desuso.

Al expropiar el predio para la planta se previó la posibilidad del reúso agrícola en este lugar, para ello se expropiaron 800 hectáreas y a la fecha se avanzó con la realización de un proyecto de riego de 45 hectáreas. Es un proyecto para riego por gravedad y ya se construyó la obra de toma y derivación. Para concluir la sistematización se estima una inversión de USD 36.000.

Esta alternativa, si bien es factible, hay que tener en cuenta que la superficie necesaria será mayor con lo que hay que avanzar rápidamente con mayor superficie sistematizada, lo que implica una mayor inversión y además es necesario un capital de trabajo para iniciar la explotación agropecuaria. Además, hay que evaluar la posibilidad de implementar una explotación agropecuaria por parte del DPA (forestal o forrajera) sin contar con los mecanismos administrativos ni técnicos para realizarlos, por lo que en caso de optar por esta alternativa hay que analizar la posibilidad de adjudicar la explotación a un privado a través de un proceso licitatorio y de esta manera si es posible, recuperar la inversión realizada en el proyecto de reúso pero fundamentalmente lograr que alguien sea responsable de la operación del área a la que se destinan los efluentes tratados. Esto es muy complejo de lograr en forma eficiente y garantizando la continuidad del proyecto para asegurar el destino de los efluentes tratados.

La opción de realizar el reúso por parte de establecimientos privados lindantes o cercanos es la más conveniente por ser la que mejor se adapta al volumen de efluente tratado, a la posibilidad de crecimiento del volumen demandado y a la factibilidad de optar por distintas alternativas productivas, forrajes para ganadería, producción de semillas forrajeras, forestales, cereales entre otros.

Para ello el DPA deberá encontrar con todos los mecanismos que le permitan dentro de sus atribuciones y las atribuciones del Estado Provincial disponer de manera adecuada de los efluentes tratados productos de estas instalaciones. Si bien es deseable que se puedan recuperar las inversiones

y que el uso del agua tenga fines productivos y una rentabilidad asociada en el caso de los efluentes debe priorizarse la correcta disposición de estos efluentes, que es la problemática a solucionar.

Acciones realizadas por el DPA, a la fecha, para propiciar el uso de los efluentes tratados:

✓ **Uso de agua pública para el establecimiento “La Argentina”**

El establecimiento La Argentina, linda con todo el lateral sur del predio de la PTLCV, y está separada del predio de la PTLC por el canal “Chacarero”, actualmente en desuso. Estos propietarios manifestaron su interés en utilizar aguas de reúso en su predio para, en principio, implantar pasturas, y de esa manera potenciar su explotación ganadera. Por lo tanto, solicitaron al DPA un caudal de agua de reúso para poner en producción un máximo de 40 ha. En su solicitud presentaron un proyecto de toma y bombeo desde el reservorio de la PTLCV, en función de los antecedentes antes mencionados, se emitió la Res. N° 811 del 02-10-23 por parte del DPA, el permiso es para regar hasta 40 hectáreas. Con posterioridad a la emisión de esta Resolución los interesados informaron al DPA, que estaban iniciando la sistematización de unos lotes que lindaban directamente con el sur del predio de la PTLCV, por tanto, desde el organismo se realizaron una serie de relevamientos topográficos, y se verificó que era posible acceder a dicho predio por gravedad materializando un canal de 1000 m. Esta opción tiene una ventaja adicional para el DPA, dado que con la misma obra se podría contar con un acceso al canal “Chacarero”, que abriría otra serie de opciones de riego que se comentan más adelante.

La materialización de este canal de vinculación, que debe construirse en su totalidad dentro del predio propiedad del DPA, todavía no ha sido ejecutado y a efectos de acelerar el avance de este emprendimiento, que reviste hoy mucha importancia también para el DPA, dado que las lagunas de reservas del complejo de la PTLC siguen creciendo a un ritmo importante y no se dispone de un plan alternativo de vuelco de las aguas tratadas, podría ser ejecutado por el DPA y contemplar un cobro de canon a los usuarios, considerando una amortización de la obra en 5 a 10 años. Por el momento el DPA no prevé el cobro de regalía para el uso de agua de reúso y en esta etapa no sería lógico instrumentarlo ya que la necesidad de desarrollar el reúso es tan importante para el productor como para el DPA.

✓ **Uso de agua pública para el establecimiento “La Salina”**

Este Establecimiento linda con el predio de la PTLCV (de hecho, el 40% de la expropiación realizada para la planta de tratamiento pertenecían originariamente a este establecimiento agropecuario). Estos propietarios manifestaron su interés en utilizar aguas de reúso en su predio, en principio, para producir pasturas, y de esa manera potenciar su explotación ganadera.

En este caso técnicos del DPA y el DEVI, desarrollaron un proyecto de riego para 40 hectáreas, con dicho proyecto los interesados solicitaron un “Permiso de uso de agua pública de reúso”, que concluyó con el otorgamiento de la Res. N° 1044 del 29-12-23 por parte del DPA, el permiso es para regar hasta 40 ha.

Para materializar el proyecto es necesario la construcción de un canal desde la planta al lote a regar de 600 metros y fue realizada por el DPA.

✓ **Uso de agua pública para el establecimiento propiedad de Leandro Cacho**

Este campo linda por un lado con el proyecto de riego antes mencionado, se podría abastecer por el mismo canal construido en el predio para abastecer de agua al establecimiento “La Salina” y también podría abastecerse desde el canal Chacarero, en caso de que este se logre reactivar. Cualquiera de los dos potenciales tomas permite abastecer el predio por gravedad, con dominio sobre una importante superficie. En este caso se han mantenido algunas entrevistas con el propietario que se ha manifestado

interesado, y estaría a la espera de los avances que pueda dar el DPA en la materialización de las obras de abastecimiento a los establecimientos que hoy ya cuentan con Permisos de Uso y que fueron descriptos en los puntos anteriores (UAP Establecimientos “La Argentina” y “La Salina”).

✓ **Reactivación del Canal Chacarero**

Existe un antiguo canal en desuso que fue construido en la década de 1970, nace sobre margen derecha del río Negro unos kilómetros aguas arriba de ubicación de la PTLCV, pasa por atrás de esta, materializando el límite entre la PTLCV y el establecimiento “La Argentina”, luego atraviesa el campo del Sr. Leandro Cacho para después seguir su recorrido paralelo a la ruta Provincial N°1, y finalmente llega nuevamente al río Negro en cercanías de la obra de toma que tiene ARSA para abastecer de agua potable al Balneario “El Cóndor”.

Esta obra fue una iniciativa de propietarios y el IDEVI, con la intención de utilizar la amplitud de las mareas para lograr el ingreso del agua del río Negro, eso aparentemente no funcionó como se esperaba y debieron recurrir al bombeo, pero el costo de esta alternativa hizo inviable su utilización y fue abandonado.

Actualmente su traza está muy deteriorada, y si se decide reactivarlo deberá ser sometido a un trabajo de reparación. Esta posibilidad es interesante, dado que le podría otorgar al sistema una importante capacidad extra de almacenamiento y su reactivación permitiría acceder a otros potenciales usuarios.

Esta opción también la podría realizar el DPA por administración y recuperar lo invertido a través del cobro de un canon a los usuarios, de manera de facilitar el aprovechamiento del efluente tratado a un abanico mayor de opciones, solucionando un problema que a corto plazo será el depósito de los efluentes, ya que los volúmenes generados superarán la capacidad de almacenaje de la planta. Luego la operación y mantenimiento de este canal debería ser realizada por los usuarios a través de la figura de un consorcio de riego.

En definitiva, hay varias opciones para lograr el reúso y vuelco cero en la PTLCV, siendo las más interesantes y factibles de lograr con éxito el uso en los establecimientos privados lindantes o cercanos, pero hay que avanzar rápidamente con las obras faltantes para que sea una opción válida e interesante para estos, considerando que las inversiones a realizar, que son menores, son también necesarias para evacuar los efluentes y de esta manera lograr el normal funcionamiento de la planta.

Para la localidad de Viedma, con una producción actual de aproximadamente 162 l/s, de acuerdo con los suelos lindantes, los requerimientos de los cultivos en esta región y las condiciones agroclimáticas, se estima que la mejor opción para reúso agrícola sería la implantación de pasturas forrajeras para producción de carne. Si bien la principal limitante son los tipos de suelos que en general son salinos y con baja infiltración, se pueden mejorar con el manejo productivo, lavando sales y mejorando la estructura con pasturas a base de agropiro en primer lugar y luego implantando pasturas consociadas de mayor calidad a base de alfalfa.

En función de esta situación, la propuesta técnica es llegar a regar 162 ha de pasturas a base de alfalfa (en los mejores suelos) y 162 has de pasturas de agropiro en los suelos más limitantes, utilizando canales y riego por gravedad. La principal limitante de esta alternativa es la inversión inicial en sistematización, ya que para implementarlo hay que realizar la sistematización en las 324 ha, además del sistema de canales y drenes. Es fundamental lograr que el aprovechamiento y las inversiones intraprediales sean realizados por parte de productores privados, para evitar que las inversiones en

obras necesarias y los manejos productivos se vean afectados por las limitantes del sistema público y que esto repercuta en el normal funcionamiento de las plantas. Para ello se deben prever las obras para entregar el efluente a los permisionarios, garantizando no solo la cantidad de este efluente sino también la calidad del mismo.

Con una superficie de pasturas consociadas a base de alfalfa de 162 ha y 162 ha de pasturas de agropiro para regar, el balance estimativo sería el siguiente:

1. *Tabla: Balance Prospectivo (2023) para la PTLC Viedma con reúso de efluentes en (hm³)*

Cultivo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Prod efluente	0,43 hm ³	0,43 hm ³	0,43 hm ³	0,43 hm ³	0,43 hm ³	0,43 hm ³
Pastura	0,62 hm ³	0,48 hm ³	0,38 hm ³	0,24 hm ³	0,15 hm ³	0,00 hm ³
Agropiro			0,19 hm ³	0,24 hm ³	0,15 hm ³	0,15 hm ³
Balance	-0,18 hm ³	-0,05 hm ³	-0,14 hm ³	-0,05 hm ³	0,14 hm ³	0,29 hm ³

Cultivo	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Prod efluente	0,43 hm ³	0,43 hm ³	0,43 hm ³	0,43 hm ³	0,43 hm ³	0,43 hm ³
Pastura	0,00 hm ³	0,19 hm ³	0,27 hm ³	0,38 hm ³	0,49 hm ³	0,60 hm ³
Agropiro	0,00 hm ³	0,19 hm ³	0,27 hm ³	0,21 hm ³		
Balance	0,43 hm ³	0,06 hm ³	-0,11 hm ³	-0,16 hm ³	-0,06 hm ³	-0,17 hm ³

Cultivo	Año
Prod efluente	5,21 hm ³
Pastura	3,80 hm ³
Agropiro	1,40 hm ³
Balance	0,00 hm ³

Los requerimientos hídricos de ambas opciones de pasturas (alfalfa y agropiro) son similares, aunque el agropiro es más tolerante a producciones de forraje con escasez hídrica, por lo que se utilizaría esta superficie para absorber los excedentes de otoño, invierno y primavera y se le restringiría el riego en verano donde toda la oferta hídrica de efluente tratado se destinaría a la producción de forraje a base de alfalfa. Esta combinación prioriza la producción de forraje en las pasturas consociadas a base de alfalfa, que son de mayor calidad y se destinan a producción de fardos o rollos para hacienda y al pastoreo directo para recría e internada. La producción forrajera en las pasturas de agropiro tienen como objetivo primordial la recuperación de los suelos, que originalmente tienen problemas de salinidad e infiltración y que luego de un período pueden ser destinados a pasturas de mayor calidad. El objetivo secundario es ser la base forrajera para un planteo de cría y eventualmente la posibilidad de producción de semilla.

Si bien el balance anual es equilibrado, se observa que mensualmente hay meses con exceso de producción de efluentes y otros con déficit para lo cual la propuesta es usar el suelo como reservorio recargando el perfil en los meses con excedentes para ser usados por los cultivos en los meses de déficit, sobre todo en las pasturas de agropiro que soportan mejor las situaciones de saturación de los suelos, También puede ser interesante en una etapa posterior evaluar la factibilidad de un reservorio,

pero las limitantes son la capacidad requerida y la factibilidad de que el reservorio sea llenado y evacuado por gravedad sin bombeo, cosa difícil en esta región por la poca pendiente de los suelos.

3.1.2.2 Las Grutas

Las Grutas cuenta con una población estable de aproximadamente 4.700 habitantes y una afluencia turística de unas 150.000 personas en la temporada de verano, diciembre-marzo.

El Balneario Las Grutas hace más de 30 años que cuenta con servicio de cloacas en un sector acotado de su ejido urbano, pero desde 2020 cuenta con una nueva planta de tratamiento y una red de estaciones de bombeo que le permitirán ampliar fuertemente la cobertura del área con acceso a este servicio sanitario.

En la villa marítima de Las Grutas, Municipio de San Antonio Oeste, la primera planta de tratamiento de líquidos cloacales comenzó a funcionar en el año 1993 con vertido, mediante impulsión, de los efluentes tratados a la ladera norte del Cerro Banderita.

En el año 1995 el prestador del servicio, que en ese momento era una Cooperativa, suscribió un acuerdo con el desarrollador inmobiliario "Club de Golf Urbanizadora Las Grutas" para el uso del efluente tratado en un loteo y el campo de golf "El Alto".

En el año 2001, siendo el prestador del servicio Aguas Rionegrinas S.A. (ARSA) se hace otro acuerdo con un productor olivícola "Olivos Patagónicos" el que utiliza el efluente en riego de una plantación de variedades de olivos para producción y comercialización de aceitunas y aceite de oliva.

Este Balneario se abastece de agua del río Negro a través del Canal Ing. Suarez (Pomona – SAO) y además, por estar ubicado en una región árida con escasez de fuentes de agua para potabilizar la posibilidad de poder reusarla luego de ser tratada optimiza los costos de su traslado. Esto seguramente fue uno de los motivos para que en dicha zona se cuente con los dos emprendimientos más antiguos de reúso en la provincia. Un emprendimiento riega unas 28 hectáreas de olivos que procesa en el lugar para obtener aceite y subproductos, y el otro emprendimiento riega un campo de golf y el parque de un emprendimiento inmobiliario asociado al Club de Golf, que ocupan un predio de aproximadamente 20 hectáreas.

Existe registro de 3.000 conexiones al sistema, de esta primera etapa de lagunas de tratamiento se estima un caudal de salida en verano para el año 2027 ($15.793 \text{ m}^3/\text{día} = 183 \text{ l/s}$) y en invierno ($2.685 \text{ m}^3/\text{día} = 31 \text{ l/s}$).

Actualmente queda por resolver la vinculación de los usuarios preexistentes del efluente con la descarga de la nueva planta de tratamiento y el proyecto de reúso en el sector de descarga actual.

En el año 2023 se formalizó el Convenio de Cooperación Técnica entre el Departamento Provincial de Aguas, la Municipalidad de SAO, Aguas Rionegrinas S.A. y el INTA, y se está trabajando en un proyecto de producción forestal con reúso del ART para riego en un sector dentro de la PTAR que fue acondicionado para tal fin, donde se cultivan diferentes clones de sauces y álamos mediante reproducción vegetativa a partir de estacas y plantas de fresno americano y aguaribay que se obtienen de semilla en vivero y se llevan posteriormente a la Planta para su rustificación y crecimiento, con el

objetivo de utilizar las plantas para arbolado urbano en diferentes sectores de Las Grutas y de San Antonio Oeste.



Ilustración 34 Situación actual en Las Grutas. Fuente: DPA

En el año 2021 se ejecutaron obras del Plan Director de Cloacas en la localidad y como parte de las mismas la construcción de una nueva planta de tratamiento de líquidos cloacales -etapa I-, en la cual se incluye un ducto de descarga del líquido tratado en el campo de un privado al norte de la ruta nacional N° 3, con el cual se realizó un acuerdo para el reúso del efluente tratado en riego de pasturas para producción de forraje.

Los emprendimientos que se abastecían desde la planta original al inaugurarse la nueva planta y ante la necesidad de desactivar la planta vieja quedarían sin conexión, para ello es necesario ejecutar una obra que consiste en una estación de bombeo desde la salida de la planta nueva que se encuentra a una cota más baja y alejada de la planta antigua y dotar al sistema de reúso actual (manteniendo el acueducto actual).

Hoy es insostenible seguir abasteciendo esos dos emprendimientos desde la planta vieja, pues la calidad del agua de reúso es mala, no cumpliendo la reglamentación provincial y además el mantenimiento operativo de la misma afecta al funcionamiento de la planta nueva al sacarle volumen sobre todo en la época invernal. Si la antigua planta bajo las condiciones actuales de operación y mantenimiento no cumple con el nivel de tratamiento que se especifica en la normativa se debería suspender la distribución de este efluente para reúso.

El DPA, desde la Dirección de Proyectos de Saneamiento elaboró un proyecto de estación de bombeo que alimentaría a las viejas piletas con agua tratada desde donde los dos usuarios podrían seguir tomando agua de reúso para utilizarla en sus establecimientos. El monto a invertir en esta obra es de USD 321.593 según el proyecto realizado y a la fecha el DPA no ha logrado realizar la obra ni que los usuarios la construyan.

Teniendo en cuenta la importancia y la antigüedad de estos emprendimientos que se hallan muy instalados en la comunidad, es imprescindible encontrar una solución a este problema para avanzar con el cierre de la planta vieja y darles uso a los efluentes tratados. Es responsabilidad del DPA resolver

la correcta disposición de estos efluentes tratados. Una alternativa para avanzar con las obras de cierre de la planta vieja y solucionar el reúso de los efluentes y no generar un conflicto con los actuales usuarios es que el DPA ejecute esta obra de bombeo y vinculación contemplando luego un cobro de canon de operación y mantenimiento a los usuarios que considere la amortización de la obra en un período a largo plazo (5 a 10 años).

Este reúso está previsto para un caudal de 12 l/s (caudal de bombeo previsto en la obra de vinculación entre la planta nueva y la vieja), significando el reúso de menos del 50% producido en invierno, por ello se previó en la planta nueva un acueducto que llega hasta la ruta Nacional N°3 y cruza con una alcantarilla por debajo de la misma llegando a campos privados, donde continua por un canal sin ser utilizada hasta la actualidad.

Esta descarga se viene utilizando desde que la nueva planta está generando efluentes, (setiembre 2021), y desde ese momento registro dos interrupciones de 4 y 7 meses donde se tuvo que suspender el vuelco al campo de los privados, en un caso por problemas de inundación de un campo vecino por los altos caudales de verano, y en otra situación por necesidad de realizar trabajos de desmonte que demoraron mucho en concretarse, en ambas situaciones se derivaron los líquidos tratados a un bajo cercano al predio de la planta (terrenos fiscales del Municipio). Todas estas complicaciones se generaron porque los privados, que oportunamente habían solicitado utilizar el agua de reúso de la nueva planta, no realizaron aún las mejoras para distribuir y producir con estos efluentes.

Atento a esta situación el DPA inicio los trámites de expropiación de 200 hectáreas, ante esta situación los dueños, en mayo del 2023 se comprometieron a avanzar con el proyecto de riego en un tiempo acotado, desde el DPA se aceptó la propuesta si se concretaba antes del verano del 2024, cosa que no se concretó. A la fecha solo se realizó el proyecto ejecutivo para el riego de 60 hectáreas y el desmonte, pero no han concretado la sistematización ni la materialización de los canales.

Para poder avanzar en concreto sobre esta potencial área de reúso, se recomienda tomar medidas expeditivas como intimar a los propietarios a terminar, en un plazo acotado, la sistematización de las 60 hectáreas, hoy desmontadas y con proyecto ejecutivo de riego, de no ser así, reiniciar la acciones de expropiación, de manera que este acto automáticamente habilite la posesión al DPA, y realizar las acciones necesarias para realizar el reúso de efluentes, ya que debe priorizarse la correcta disposición de los efluentes.

Esto es factible ya que hay intereses de privados de desarrollar cultivos de olivos por ser esta zona muy propicia para este tipo de producciones y la única limitante es la provisión del recurso hídrico. También pueden existir interesados en la producción de forraje, ya que esta zona es netamente ganadera de cría vacuna.

La posibilidad de reúso del efluente de esta PTLC en agricultura es muy interesante porque es una región árida, no hay fuente de agua para emprendimientos agrícola bajo riego y la posibilidad de conducirlos desde el río Negro tiene un muy alto costo de inversión en acueductos o canales y un muy alto costo de operación y mantenimiento, que difícilmente lo puedan solventar estos emprendimientos en la actualidad. Además, al ser una producción de efluente muy estacional por el impacto turístico (se estima para el año 2027 un caudal en verano de aproximadamente 180 litros por segundo), se acopla muy bien con la demanda hídrica agrícola que es muy alta en verano y se evita el inconveniente de los excesos de los efluentes en invierno al bajar los requerimientos de los cultivos.

El potencial de reúso para esos caudales es suficiente para cubrir los requerimientos hídricos de casi 200 hectáreas de pasturas forrajeras o de cultivos de olivos, incluso habría que evaluar la posibilidad de abastecer los actuales emprendimientos de producción olivícola ubicados y abastecidos sobre el canal Ing. Suarez (que suman aproximadamente 200 ha), ya que al analizar la factibilidad de reemplazar a dicho canal por un acueducto si se logra sacar la demanda agrícola (en forma total o parcial) se reducen considerablemente los caudales a transportar. Si bien la distancia a estos emprendimientos es importante, del orden de 25 km y además requiere bombeo, puede resultar más económico que conducirla por un acueducto desde el río Negro. Otra alternativa a analizar es la factibilidad de utilizar este efluente tratado (se debe analizar la calidad requerida para evaluar el tratamiento a realizar) para la demanda industrial (ALPAT) que actualmente también se abastece del canal Ing. Suarez. Esta posibilidad se debería complementar con agua del río Negro en invierno, pero sería una disminución importante en la demanda de verano, liberando volúmenes importantes para la demanda turística.

3.1.2.3 Choele Choel

La PTLC está ubicada en la zona de meseta al Norte de la Ruta Nacional N° 22 y a unos 6 km de la zona urbana.

Esta planta comenzó a operar en el año 2018 y fue la primera que incluía en su proyecto ejecutivo el concepto “vuelco cero” como parte de las obras en la provincia para uso de aguas residuales.



Ilustración Planta cloacal de Choele Choel. Fuente DPA

Se trata de dos lagunas facultativas en serie que descargan el efluente tratado a un cuerpo receptor forestal, regado en forma gravitacional a través de un sistema de canal de distribución, acequias y surcos. Inicialmente se comenzó con la forestación de 5 ha con estacas de sauce, existiendo una superficie total disponible para ampliar la forestación a 30 ha a medida que se incrementen los

caudales de salida conforme el crecimiento poblacional y las estimaciones del Plan Director de Cloacas.



Ilustración Cuerpo receptor forestal año 2018. Fuente DPA

Durante el periodo de garantía de la obra las tareas de operación y mantenimiento del cuerpo receptor estuvieron a cargo de la Cooperativa Ruca Peñi Ltda. Que posteriormente fue contratada por DPA mediante Concurso de Precios.

En el año 2020, sumado a la situación de pandemia, comenzaron los problemas constructivos y operativos de la planta de tratamiento (vaciamiento de las lagunas por fallas en la impermeabilización con geomembrana, roturas de la cañería de impulsión a la planta, fallas y salida de servicio de las bombas impulsoras), lo cual llevó a una situación de abandono para la disposición y el uso forestal, pérdida de superficie forestada, regeneración de vegetación de monte y obstrucción de los canales de distribución del ART.



Ilustración Problemas constructivos en lagunas de tratamiento. Fuente DPA

A fines del año 2020 mediante una obra de by pass en la descarga de los efluentes al sistema de tratamiento de lagunas, se sacó de operación la primera laguna, dado que no se pudieron solucionar los problemas de fuga del líquido por roturas en la membrana de impermeabilización, de modo que el sistema quedó operativo con la segunda laguna de tratamiento, sin embargo esa temporada y parte del año 2021 siguieron marcados por la recurrente falta de llegada de efluente a la PTAR por roturas en las bombas y cañerías de impulsión.

En junio 2021 se firmó un Primer Convenio con la Municipalidad de Choele Choel con una Vigencia de un (1) año mediante el cual el DPA transfirió fondos a la Municipalidad y esta contrató dos (2) personas para la recuperación y mantenimiento del cuerpo receptor forestal.

Este Convenio entre la Municipalidad de Choele Choel, el DPA y ARSA se renovó en el año 2022, con una vigencia de cinco años con el objeto de comprometerse las partes en la operación y mantenimiento del cuerpo receptor forestal destinado a la disposición final de los efluentes cloacales tratados. Desde el inicio del Convenio se han recuperado y mantenido 3 ha de la forestación realizándose tareas de desmalezamiento, poda, plantación y riego con dos (2) personas contratadas por la Municipalidad de Choele Choel con un aporte económico del DPA.

La factibilidad de reuso en este caso está condicionada en primera instancia por los problemas de la planta de tratamiento, los cuales deben ser solucionados para garantizar la calidad y la cantidad del efluente tratado que permitan hacer el reuso de acuerdo con el plan establecido. Esta condición es imprescindible para asegurar un reuso exitoso y que permita una producción forestal eficiente. En segunda instancia hay que optimizar el convenio entre las partes interesadas para que este reuso funcione ya que el objetivo primordial no es la rentabilidad de la producción forestal sino la correcta disposición de los efluentes.

3.1.2.4 Juan José Gómez, General Roca

La PTLC del barrio JJ Gómez en la localidad de General Roca, fue puesta en operación en el año 2010 con el concepto de “vuelco cero” pero sin proyecto de reúso como parte de las obras. Esta planta no fue incluida en el listado de plantas a visitar, pero por su tamaño y la factibilidad de reúso se incluye con información proporcionada por el DPA.

Tiene un caudal máximo de descarga estimado en 40 l/s de acuerdo a las proyecciones del Plan Director de Cloacas y se encuentra ubicada sobre la zona de la barda distante aproximadamente 1.500 m al noroeste de la zona urbana, en una parcela que, de acuerdo a los antecedentes, fue cedida por la Compañía Bardas de San Miguel al Municipio de Gral. Roca con el objeto que en la misma se construyera la planta para el tratamiento de las aguas residuales domésticas y que una vez concluida la obra la Municipalidad debía poner a disposición del cedente el agua proveniente de la planta y entregarle un proyecto de forestación de al menos 25 ha, el cual nunca se materializó y fue entonces la Municipalidad la que asumió el compromiso de realizar la forestación, lo cual tampoco prosperó.

Se trata de un sistema de dos lagunas de tratamiento. A la salida de la cámara de contacto existía un partididor que derivaba el efluente tratado hacia el sector donde se proyectaba realizar la forestación y por otro lado el líquido se derivaba a un cauce natural de descarga pluvial, el cual atravesaba una zona donde se han instalado viviendas precarias, esparciéndose por todo el sector durante los periodos de lluvia al incrementarse las escorrentías de dicho cauce natural. Esto llevaba a que las personas que viven allí se encuentren en un ambiente contaminado por los líquidos cloacales.

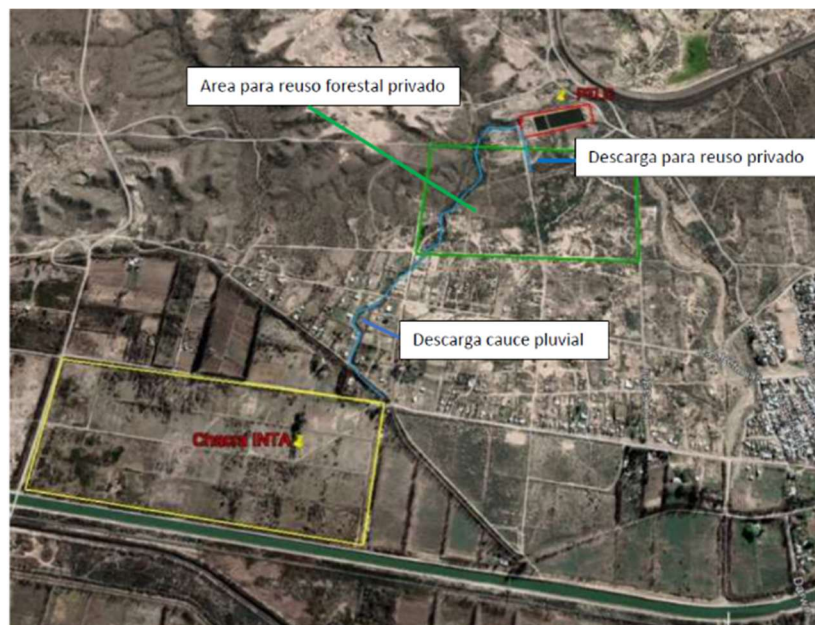


Ilustración Planta cloacal JJ Gómez. Fuente DPA

Esa situación derivó en un amparo colectivo de la Municipalidad de Gral. Roca contra Aguas Rionegrinas SA (ARSA) y otros a partir del cual el DPA elaboró el proyecto y ejecutó la obra CONDUCCION DESCARGA PLANTA DEPURADORA DE LIQUIDOS CLOACALES A PREDIO REUSO AGRICOLA-FORESTAL J. J. GOMEZ – RIO NEGRO en el año 2020/21 mediante la cual se conduce el líquido a través de una cañería de PVC de \varnothing 200 mm hasta la chacra Chacra N° 162 N Parcelas 05 – 1 – B – 007 – 01 y 02 en posesión del INTA con permiso de ocupación por parte del Estado Nacional

siendo posible la entrega del efluente tratado para su reutilización en riego agrícola - forestal, continuando la descarga del efluente tratado hacia el colector Pluvial PIV. Como parte de respuesta al amparo municipal el DPA también se comprometió a impulsar el proyecto de reúso, para lo cual se había acordado con INTA la utilización de las tierras de la Chacra 162 N y la firma de un Convenio de Cooperación.



Ilustración Traza obra de conducción descarga PTLC JJ Gómez a predio reúso agrícola – forestal. Fuente DPA

Esta PTLC presenta desde unos años atrás un marcado estado de abandono, instalaciones vandalizadas; también las condiciones de operación y mantenimiento por parte del concesionario ARSA es deficiente, al igual que las estaciones elevadoras conducentes del líquido cloacal a la planta lo que ha llevado entre otras cosas a una merma en el ingreso de efluente a la misma y en consecuencia que no llegue caudal aprovechable para el proyecto de reúso a la chacra 162 N.

En el año 2022 se firmó un convenio entre el Departamento Provincial de Aguas, Aguas Rionegrinas S.A, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Universidad Nacional de Río Negro con el objeto de establecer entre las partes relaciones y condiciones de cooperación a los fines de realizar experiencias adaptativas, en el marco de proyectos concretos, de reutilización de efluentes domiciliarios tratados para el riego de especies forestales y/o cultivos agrícolas y evaluar su función como biofiltros naturales y su potencial productivo.

En el mismo se plantearon diferentes actividades

- a. Definición de distribución de especies y destino de la futura producción.
- b. Dimensionamiento de caudales y posibilidades de riego.
- c. Acondicionamiento de un sector de la chacra 162 N de aproximadamente 5 Ha para el inicio del proyecto.
- d. Acondicionamiento del sistema de riego.
- e. Riego de las parcelas seleccionadas.
- f. Implantación de las primeras estacas para producción y vivero de material seleccionado.
- g. Monitoreo y evaluación de la calidad del agua para riego, de la calidad del agua del acuífero freático y de la calidad del suelo.
- h. Escritura del proyecto general y por etapas.
- i- Búsqueda de financiamiento externo para dar cumplimiento a las etapas previstas.

En la actualidad y en función de que no llegan efluentes desde la PTAR a la chacra 162 N por problemas antes mencionados, se acordó avanzar en la ejecución de algunas actividades planteadas a la espera de tener una solución respecto al funcionamiento y operación de las Estaciones Elevadoras de líquidos cloacales y la PTAR.

Se definió iniciar los trabajos en una parcela de 1 ha y utilizar agua del sistema de riego, ya que el predio tiene dominio a partir de un canal terciario que pasa por su extremo NE

- Se trabajó en tareas de sistematización nivelación y replanteo de las estructuras para la conducción del agua de riego.
- Cerramiento con alambrado perimetral
- Adecuación de la toma del sistema de riego.
- Implantación de un estaquero de sauce en el predio de INTA en Guerrico para obtener material de plantación en la Chacra 162 N
- Siembra inicial de una pastura de sorgo en el año 2022 para mejoramiento del suelo y evitar su voladura hasta el momento de la implantación forestal
- Implantación de cultivo forestal de sauce en alta densidad en el año 2023
- Muestreo inicial de suelos. Se realizó un muestreo inicial de suelos a fin de contar con una caracterización inicial del estado de la parcela experimental antes del inicio de los ensayos. El área se dividió en tres parcelas y en cada una de ellas se tomó una muestra compuesta de suelos para determinación en laboratorio de parámetros fisicoquímicos básicos y análisis de la nematofauna del suelo.
- Instalación de 3 freáticos.
- Búsqueda de Financiamiento Externo a través de la presentación al programa ImpaCTAR mediante el cual se obtuvieron recursos para la compra de materiales para la construcción del alambrado, combustible para las tareas de sistematización del predio, análisis de suelo, materiales para los freáticos, sensor de conductividad y electrodos para las determinaciones analíticas del monitoreo ambiental.

La factibilidad de reuso en este caso, como en el caso de Choele Choel y de la mayoría de las plantas de la provincia, está condicionada en primera instancia por los problemas operativos de la planta de tratamiento y del sistema colector, los cuales deben ser solucionados para garantizar la calidad y la

cantidad del efluente tratado que permitan hacer el reúso de acuerdo con el plan establecido. Esta condición es imprescindible para asegurar un reúso exitoso y que permita una producción forestal eficiente y sobre todo una correcta disposición de los efluentes, cosa que en la actualidad no se está logrando.

3.1.2.5 Villa Regina

La localidad de Villa Regina, ubicada en el Alto Valle de la Provincia, cuenta con aproximadamente 33.000 habitantes. En esta ciudad se encuentran en ejecución las obras del Plan Director de Cloacas.

Actualmente cuenta con un servicio cloacal residencial de 22.500 usuarios que representa una cobertura del 75% de la población, siendo el Concesionario del servicio la Municipalidad, aunque simultáneamente a la consultoría se estaba tramitando el traspaso de la concesión a ARSA.

Esta planta no se visitó por no estar en el listado de plantas a recorrer, pero por tener potencial de reúso y estar previsto el reúso en el plan director se transcribe un informe de la misma presentado por el DPA.

De acuerdo al informe, la actual PTLC está en vías de desafectación como parte de las obras del Plan Director, ya que se está construyendo una nueva PTLC en la zona de bardas a unos 20 km al Norte de la ciudad de la cual en el Informe citado se estima un caudal medio diario erogado en el año 2029 de 87,32 l/s.

En lo que respecta a la disposición final del efluente tratado y potencial uso del ART de la nueva PTLC, se evaluaron dentro del estudio e informe del Plan Director dos alternativas de ubicación para plantaciones forestales con fines de reúso de los efluentes en riego.

Una alternativa fue situar el predio para reúso de ART en el pie de la barda ubicada al norte de la ciudad (Alternativa Periurbana) y la otra posibilidad fue generar una forestación sobre la meseta (Alternativa Barda Norte).

El Municipio por otra parte ha manifestado interés en impulsar el efluente tratado, una vez que la nueva planta comience a funcionar, a un área fiscal Municipal que se encuentra sobre la Meseta donde se encuentra trabajando en el parcelamiento y dotación de servicios a partir de la adhesión a la Ley provincial que estableció el programa "Suelo Urbano", para iniciar así un proceso de Urbanización y desarrollo denominado "Regina Alta Barda 2030".

Se debe trabajar en definir el/los sitio/s de disposición final del ART en forma conjunta con el Municipio, las obras necesarias y financiamiento de las mismas.

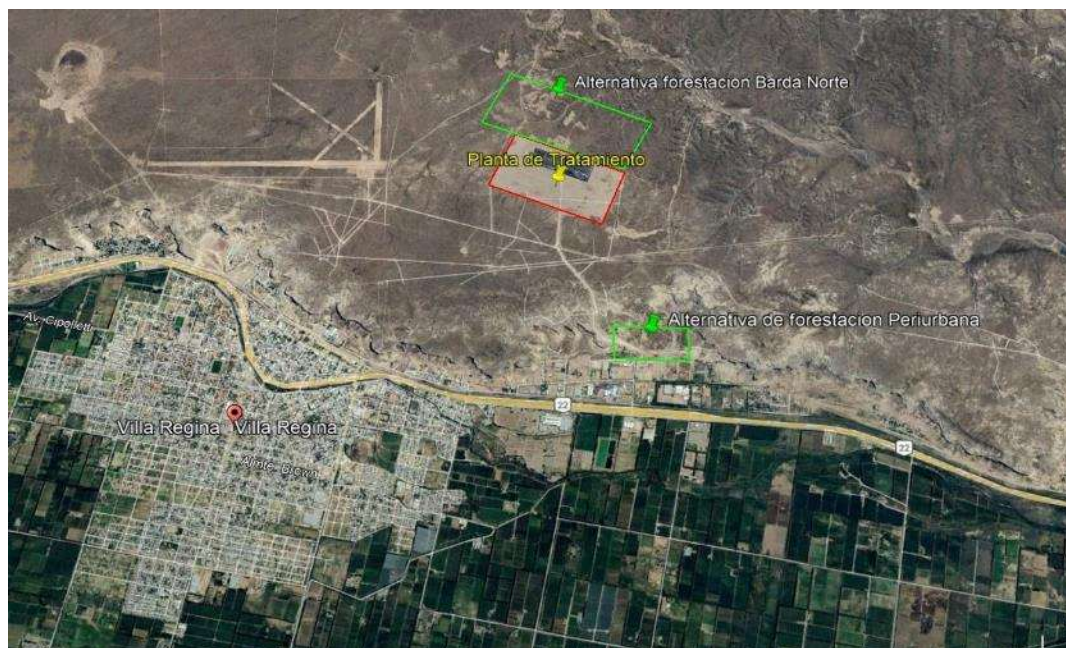


Ilustración 35 Ubicación nueva PTLC y sectores propuestos para uso de ART, Villa Regina. Fuente: DPA

3.1.2.6 Planta de tratamiento de líquidos cloacales de Sierra Grande

En esta planta actualmente no hay ningún proyecto de reúso, pero por sus características podría desarrollarse algún plan de forestación dentro del mismo predio y además, atento al incremento que se va a generar en la zona de agua para construcción del oleoducto que ha iniciado su construcción para unir Vaca Muerta con Punta Colorada más los potenciales gasoductos del proyecto GNL, es probable que estas aguas de reúso puedan ser utilizadas en su construcción, siempre y cuando los estándares de calidad de los efluentes lo permitan.

Esta planta data de 1980, y actualmente procesa aproximadamente 2000 conexiones, con caudales puntuales aforados de 5 lts/s y 7 lts/s en invierno y verano respectivamente.

4. Sección III

4.1 Informe sobre plantas de tratamiento de líquidos cloacales, PTLC, visitadas

El presente apartado se elabora en base a la visita técnica realizada a las plantas de tratamiento de efluentes seleccionadas por el Departamento Provincial de Aguas (DPA). Para ello se recopiló información provista por el mismo DPA en su rol de Ente Regulador, así como también información provista por Aguas Rionegrinas Sociedad Anónima (ARSA) y por las cooperativas de servicios.

Para la elaboración del presente informe el DPA seleccionó como instalaciones representativas las Plantas de Tratamiento de Líquidos Cloacales, PTLC con diferentes tipos de tratamientos y concesionarios de la prestación de estos servicios públicos. Por ello se visitaron las plantas de tratamiento de líquidos cloacales de: Chichinales, Allen, Cipolletti -Fernández Oro y Cinco Saltos todas ellas operadas por la empresa Aguas Rionegrinas SA, (ARSA). También la planta de San Carlos de Bariloche operada por la Cooperativa Eléctrica Bariloche (CEB), las plantas de Lamarque y Luis Beltrán ambas a cargo de cooperativas de servicios locales y se menciona particularmente un sistema de tratamiento de líquidos cloacales ubicado en Puerto Pañuelo, SC de Bariloche, perteneciente a una empresa de servicios turísticos.

A continuación, se presenta una descripción general de dichas instalaciones y los comentarios y observaciones que se desprenden del análisis de la información recibida y de la visita técnica realizada en abril 2024.

4.1.1 Puerto Pañuelo, San Carlos de Bariloche

Se presenta el resumen técnico del sistema de tratamiento de efluentes cloacales de las instalaciones de la empresa que tiene a cargo la realización de excursiones de navegación por el lago Nahuel Huapi desde el embarcadero de Puerto Pañuelo, en Av Bustillo Km 25 de San Carlos de Bariloche. La información fue provista por la Dirección de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos del DPA, la cual inspecciona y aplica las normas regulatorias para vuelco de efluentes de industrias y prestadores de servicios privados, Resolución del DPA N° 885/2015.

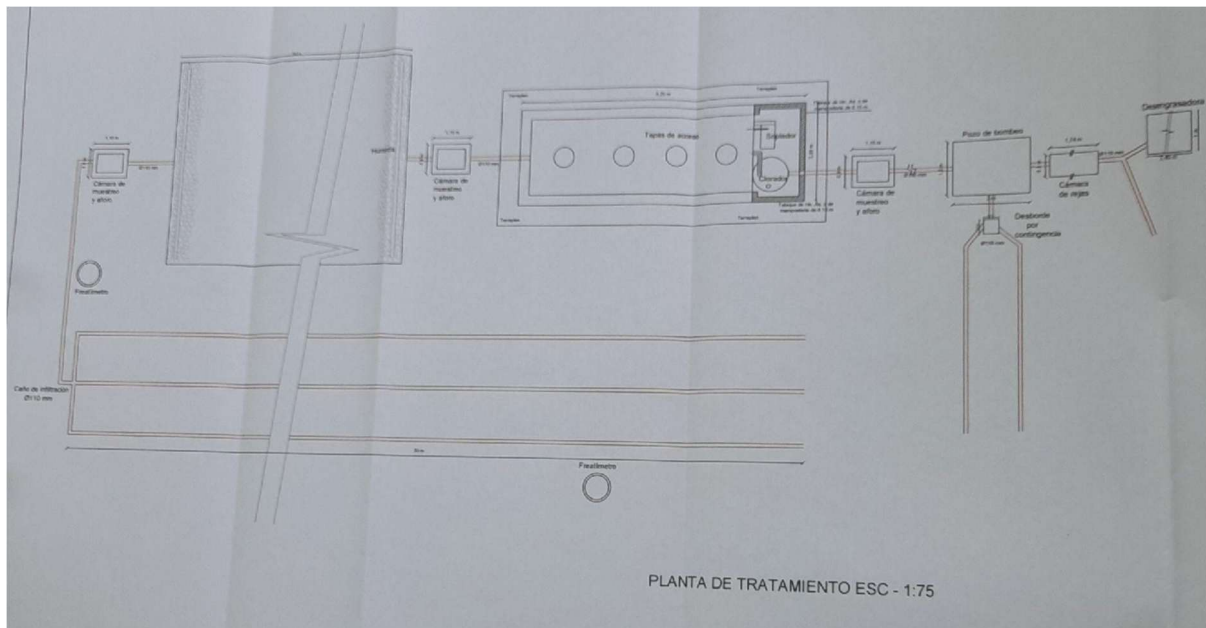


Ilustración 36 croquis del sistema de tratamiento de Efluentes cloacales. Fuente DPYCRH del DPA

El establecimiento cuenta con un sistema compuesto por:

- ❖ Pretratamiento de los efluentes de cocina: cámara desengrasadora de 1500 l
- ❖ Cámara colectora (aguas grises y negras) y de bombeo a la PTLC
- ❖ Planta compacta marca SERTEC - Tratamiento secundario

a. Datos de diseño:

- ❖ Dotación: 120 personas/día
- ❖ Volumen diario: 36 m³
- ❖ Carga orgánica unitaria: 250 mg DBO₅/l
- ❖ Valores del efluente final teórico: < 50 mg DBO₅/l
- ❖ Caudal de bombeo 1,5 m³/h
- ❖ Compuesta por:
- ❖ Cámara anaeróbica primaria (vol 9 m³)
- ❖ Reactor aeróbico (vol 18 m³)
- ❖ Cámara de sedimentación y recirculación a cámara anaeróbica (vol 9 m³)
- ❖ Cámara de cloración final (no se clora porque se implementa un humedal a continuación)
- ❖ Humedal - tratamiento terciario
- ❖ Está compuesto por un ramal de 25 m por 2,2 m de ancho y uno de 30 m por 3 m de ancho conectados en serie. Las especies vegetales utilizadas son Iris.
- ❖ Lechos nitrificantes - Disposición final
- ❖ Cuenta con un ramal de 30 m de largo
- ❖ Actualmente se está trabajando en ampliar y mejorar el sistema de disposición final.

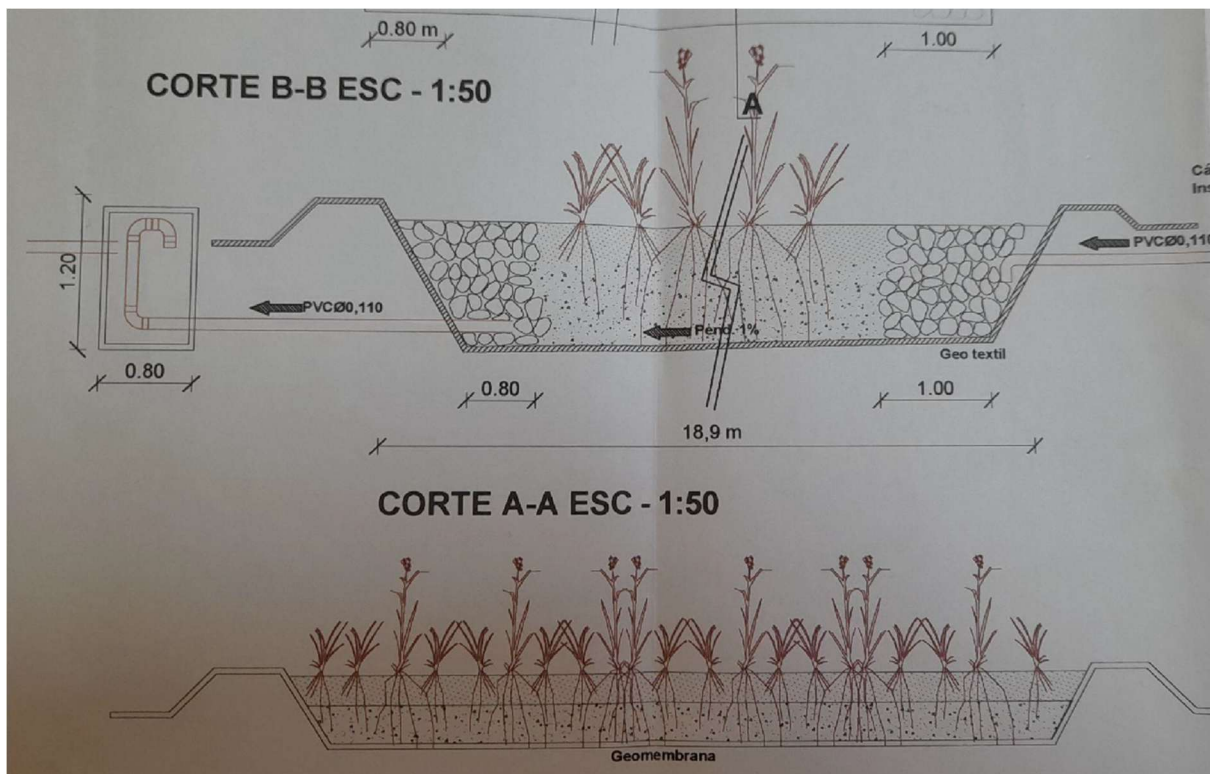


Ilustración 37 croquis constructivo del mismo. COCAPRHI

4.1.1.1 Comentarios y recomendaciones sobre el funcionamiento y operación de la PTLC de Puerto Pañuelo, SC de Bariloche.

A continuación, se detallan los comentarios del experto de Mekorot a partir de la visita técnica - Mekorot – DPA de plantas de tratamientos de efluentes.

En general, la utilización del método de humedales para una carga relativamente pequeña de aguas residuales sanitarias es una excelente solución en el contexto de una adecuada integración en un sitio turístico popular y es una buena solución ecológica para un lugar de estas características. Estas instalaciones deben diseñarse adecuadamente y operarse con sumo cuidado para evitar sobrecargas, especialmente durante las temporadas de lluvias.

La gran ventaja de las instalaciones de este tipo es su carácter ecológico y sostenible, pero la desventaja es que, a diferencia de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales de tipo intensivo, la capacidad del operador para intervenir en el proceso de tratamiento es limitada y puede reflejarse principalmente en la regulación de las cargas en el sistema. Para posibilitar esto, se debe considerar la integración de un tanque de equilibrio para regular las cargas de alcantarillado en la entrada de la instalación.

En la descripción de la instalación anterior, se mencionó que el criterio de diseño en el contexto de la eliminación de materia orgánica es que la concentración del efluente tratado debe ser inferior a 50 mg/l, mientras que los criterios de diseño en el contexto de la eliminación de nitrógeno y fósforo no se especificaron. Podría ser útil comparar los valores reales obtenidos de carga orgánica de entrada,

concentraciones de nitrógeno y fósforo y dichos parámetros en el punto de descarga de la instalación con los requisitos de la normativa, ya que durante la visita al sitio se observó (y también se notó en la conversación allí) que hay un desarrollo de vegetación inusual en el área donde los efluentes de la instalación se vierten al lago.

Además, la comparación entre los indicadores bacterianos de los efluentes y los requisitos de la normativa podría ser útil en el contexto de una mejor comprensión de la seguridad sanitaria en la zona de descarga de efluentes tratados. Cabe señalar que, durante la visita, el sitio parecía muy limpio y bien mantenido, y su apariencia era muy apropiada para estar en el sitio de reserva natural. Vyacheslav Shmulevich, abril 2024.

4.1.2 Chichinales (operador ARSA)

La planta de tratamiento de la localidad de Chichinales es operada por ARSA, que es el prestador del servicio. La siguiente descripción es brindada por la Empresa, donde exponen los principales problemas operativos y obras de mejoras a proponer.

La localidad cuenta con un sistema de tratamiento de líquidos cloacales del tipo lagunar con una configuración en serie de dos Lagunas Facultativas con una posterior etapa de desinfección.



Ilustración 38 Planta de tratamiento de líquidos cloacales de Chichinales

Parámetros del sistema.

Q _c	m ³ /h	30	
Lineas		1	
Q _{LINEA}	m ³ /h	30	
		Facultativa I	Facultativa II
Largo	m	128	129
Ancho	m	52	52
Pendiente		2	2
Revancha	m	0,5	0,5
Profundidad	m	2,2	2,2
Tirante	m	1,7	1,7
Volumen Reactor	m ³	9659	9737
TRH	días	14	14

Ilustración 39 Parámetros del sistema. Fuente: ARSA (prestador de servicio)

Observaciones sobre la PTLC.

- ❖ Año de inicio actividad 2010
- ❖ El sistema de tratamiento está conformado por dos lagunas facultativas en serie + cloración
- ❖ Planta en condiciones ACEPTABLES, lagunas facultativas.
- ❖ Buen mantenimiento de Malezas.
- ❖ Riego de cerco verde con efluente de la Laguna.
- ❖ Tiene operador en turnos diurnos y sala para operadores.
- ❖ Falta limpieza en cámara de entrada con equipo combinado (Vactor).
- ❖ No se dosifica cloro en descarga de salida.
- ❖ Tiene un rendimiento aproximado del 50%.
- ❖ Sin Registros de caudal por tener el Vertedero corroído.
- ❖ Cantidad de conexiones 770
- ❖ Sin plan de reúso.
- ❖ Sin Plan de Trabajo.

Los principales problemas operativos conocidos informados por DPA.

- ❖ Renovar el vertedero en PVC para obtener datos de caudal.
- ❖ Ampliar la cortina forestal en todo el perímetro del predio y riego con agua tratada.
- ❖ Solicitar plan de trabajo y trazar objetivos operativos
- ❖ Solicitar al prestador un espacio dentro del predio y un plan de acción para el tratamiento de los residuos sólidos que se recogen diariamente del sistema, (redes, Estaciones elevadoras y Planta Depuradora), y plan de manejo.

Obras a proponer según DPA.

- ❖ Sistema de lagunas o similar para descarga atmosféricos y baños químicos.

- ❖ Colocación de cámaras de seguridad antivandálicas para monitoreo del predio, y seguimiento de las mismas por varios organismos para el control de la seguridad.
- ❖ Plan director.



Ilustración 40 foto de visita a la laguna de tratamiento. Fuente: propia

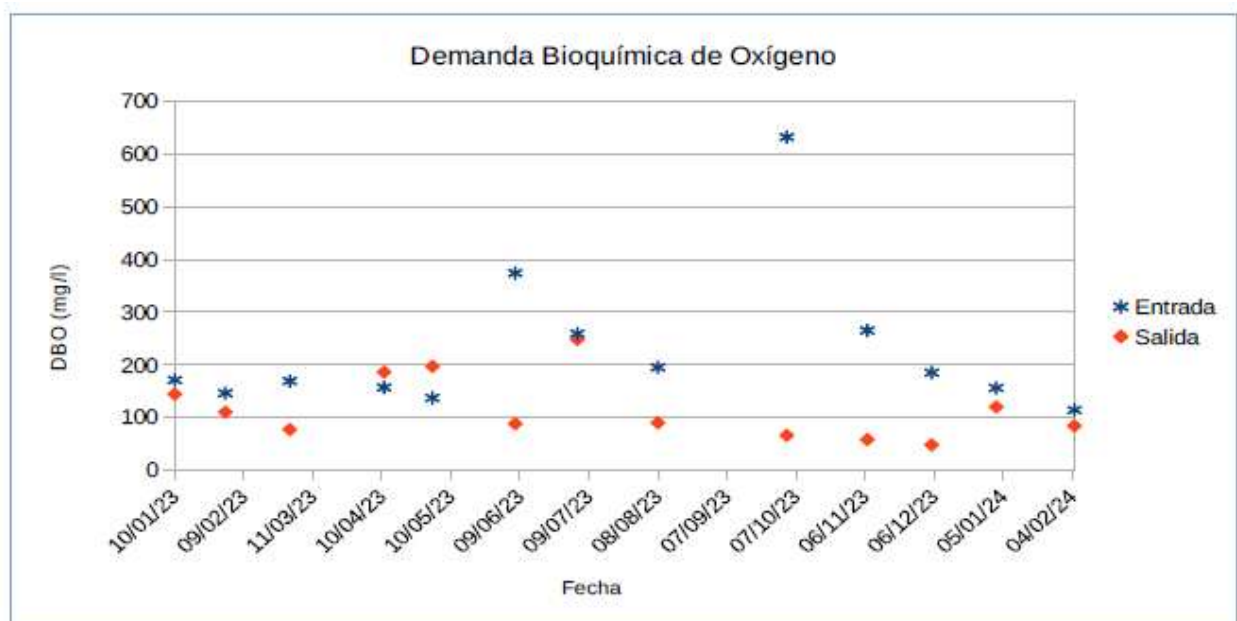


Ilustración 41 Parámetros fisicoquímicos de entrada y salida de planta informados por ARSA.

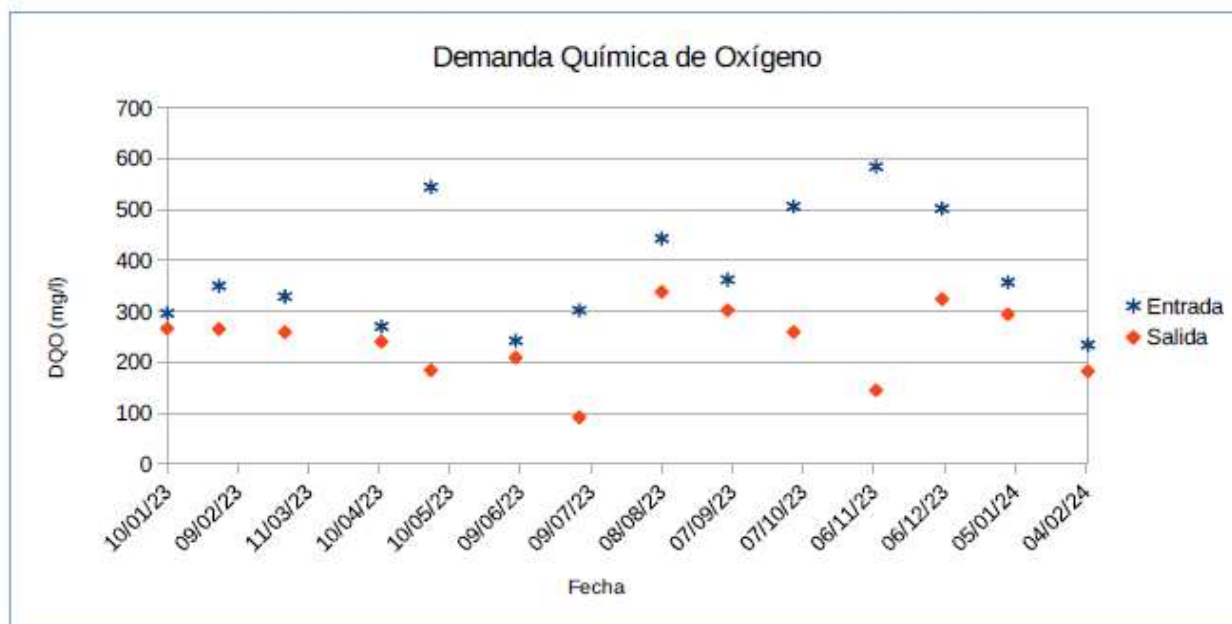


Ilustración 42 Límites de vuelco para tratamientos secundarios informados por ARSA.

La Resolución 166/17 de la SUPERINTENDENCIA GENERAL DE AGUAS de fecha 27 de febrero de 2017, unifica Disposiciones previas y establece específicamente para tratamientos secundarios los siguientes límites permisibles de vuelco en su ANEXO II, estos límites van a ser los adoptados en los diseños.

Los valores límites de vuelco son restrictivos a la remoción de materia orgánica en términos del contenido

dado por los siguientes parámetros:

- ❖ PH entre 6 y 10.
- ❖ Temperatura < 50°C.
- ❖ Sólidos Sedimentables en 2 hs < 1 ml/l.
- ❖ DBO < 50 mg/l.
- ❖ DQO < 250 mg/l.
- ❖ Sulfuros < 1 mg/l.
- ❖ Se exige tratamiento para la remoción de microorganismos patógenos.

4.1.2.1 Comentarios y recomendaciones sobre el funcionamiento y operación de PTLC de Chichinales

A continuación, se detallan los comentarios del experto de Mekorot a partir de la visita técnica - Mekorot – DPA de plantas de tratamientos de efluentes. Vyacheslav Shmulevich, Jefe del Departamento de Ingeniería de Calidad del Agua, Mekorot – Compañía Nacional de Agua de Israel, Distrito Norte.

“En el informe se menciona que la instalación está en funcionamiento desde el año 2010, pero no se indica si desde entonces se ha realizado alguna limpieza de las lagunas para retirar los sedimentos

acumulados.

Se carece de una evaluación del estado actual de las lagunas en cuanto al volumen real de sedimentos, el volumen de las lagunas operativas y el tiempo de retención hidráulica existente en ellas.

En instalaciones de tratamiento extensivas, como las lagunas facultativas, es muy importante vigilar la acumulación de sedimentos en el fondo de los embalses, lo que provoca una disminución de su volumen operativo, una reducción del tiempo real de retención hidráulica y, finalmente, un deterioro de la eficiencia del tratamiento.

El seguimiento, la limpieza y la eliminación de los sedimentos y lodos acumulados en las lagunas deben formar parte del programa de mantenimiento rutinario de instalaciones de este tipo.

Calidad de las aguas residuales sin tratar:

Al observar el gráfico de concentraciones de DBO en las aguas residuales sin tratar, se puede ver que el rango de concentraciones va de 150 a 250 mg/l con un pico cercano a los 400 mg/l y el otro incluso por encima de los 600 mg/l.

En cuanto a las concentraciones de DQO, se encuentra un panorama con mayor volatilidad y el rango de concentraciones va de 230 a 600 mg/l”.

El método de muestreo, por supuesto, no afecta directa e inmediatamente el resultado final del tratamiento, pero con un muestreo aleatorio por sí solo, no es posible obtener una imagen real de la calidad del efluente, especialmente de las aguas residuales sin tratar, que pueden cambiar de un año a otro. minuto a minuto. Por lo tanto, los muestreos al azar, y ciertamente aquellos que se realizan con relativa poca frecuencia, no reflejan realmente la calidad de las aguas residuales sin tratar ni las cargas con las que se enfrenta la instalación. Por supuesto, en el punto de venta de la instalación ya se obtiene un cierto promedio de calidad, pero incluso en este punto puede haber picos que no reflejan la situación real de la instalación. A la luz de lo descrito, la forma correcta de trabajar es realizando muestreos compuestos, para conocer la situación real, identificar los problemas y gestionar adecuadamente el funcionamiento de las instalaciones”.

La calidad final del efluente:

En términos de los componentes de la carga orgánica, parece que la instalación está teniendo dificultades para producir una calidad de efluente que cumpla con los requisitos del regulador: una concentración de DBO inferior a 50 y una concentración de DQO inferior a 250 mg/l. Es bien sabido que la calidad del funcionamiento de las instalaciones de tratamiento extensivo, como las lagunas facultativas, depende en gran medida del correcto diseño de la instalación, de la prevención de las cargas de choque en términos de carga hidráulica y orgánica.

La capacidad del operador para intervenir e influir en la eficiencia del tratamiento es muy limitada y se limita principalmente a controlar de cerca las cargas sobre la instalación y a realizar un mantenimiento adecuado, como mantener las lagunas libres de sedimentos y lodos.

Recomendaciones:

- ❖ Realizar un examen del estado de las lagunas en términos del volumen de sedimentos y lodos acumulados.
- ❖ Si se concluye que hay una disminución significativa del volumen operativo de las lagunas, se debe considerar un proyecto de limpieza y eliminación de los sedimentos.

- ❖ La medición continua de la carga hidráulica a la entrada de la instalación puede ayudar a comprender las condiciones de los procesos de tratamiento y el efecto de las cargas de choque sobre ellos.
 - ❖ Considerar la posibilidad de monitorear las concentraciones de oxígeno disuelto en diferentes áreas y profundidades de las lagunas facultativas para comprender el potencial de diversidad biológica dentro de las lagunas.
 - ❖ Considerar la posibilidad de realizar un examen de muestra de pruebas microscópicas para evaluar la diversidad en la población de microorganismos que participan en la descomposición biológica de los materiales orgánicos.
 - ❖ Considerar la posibilidad de mejorar el rendimiento de las lagunas mediante la instalación de aireadores de superficie y la conversión de las lagunas facultativas en lagunas aireadas.
 - ❖ La operación del sistema de desinfección del efluente tratado ayudará a mejorar el tema de la seguridad sanitaria del efluente en términos de eliminación de microorganismos patógenos.
 - ❖ Con la mejora de la calidad del efluente, será posible considerar un uso local limitado para el riego de árboles.
 - ❖ Se debe preparar un plan de mantenimiento regular para la instalación. La implementación del programa mejorará la condición física de la instalación y conducirá a una mejora en la calidad del efluente producido.
 - ❖ Se debe promover un plan maestro para el desarrollo futuro de la instalación considerando las dificultades operativas existentes y las ampliaciones y mejoras requeridas.
- Vyacheslav (Slava) Shmulevich, abril 2024.

4.1.3 Allen (operador ARSA) y equivalentes

La planta de tratamiento de la localidad de Allen es operada por ARSA, que es el prestador del servicio. La siguiente descripción es brindada por el Ente Regulador (DPA) y la Empresa prestadora del servicio (ARSA), donde el DPA expone los principales problemas operativos y obras de mejoras a proponer.

La localidad cuenta con un sistema de tratamiento de líquidos cloacales del tipo lagunar con una configuración en serie compuesta por laguna aireada seguida de dos lagunas facultativas. Este sistema de tratamiento es un híbrido que evolucionó de un sistema facultativo al cual se le instalaron aireadores a la primera laguna de la serie. Las lagunas de tratamiento fueron construidas al sudeste de la ciudad por Obras Sanitarias de la Nación; inicialmente eran tres, una de mezcla completa y dos facultativas en serie. A estas lagunas en funcionamiento se ha agregado otra laguna de mezcla completa que se conecta con las dos facultativas. La primera laguna tiene un gran depósito de material razón por la cual es necesario su remoción a fin de integrar la misma al sistema. El efluente de la planta, es descargado en el Desagüe N° 9, que conduce el líquido cloacal al Desagüe N° 5 del sistema de colectores de drenajes del sistema de riego de la región; para descargar finalmente en el río Negro.



Ilustración 43 Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales Allen. Fuente: ARSA

Q _c	m ³ /h	250
Lineas		1
Q _{LINEA}	m ³ /h	250

		Facultativa Aireada I	Facultativa I	Facultativa II
Largo	m	110	110	110
Ancho	m	80	80	80
Pendiente		2	2	2
Revancha	m	0,5	0,5	0,5
Profundidad	m	3	3	3
Tirante	m	2,5	2,5	2,5
Volumen Reactor	m ³	18817	18817	18817
Potencia aireación		3X11KW		
Densidad Pot.	W/m ³	1,8		
TRH	días	3,2	3,2	3,2

Ilustración 44 Parámetros del sistema informados por ARSA

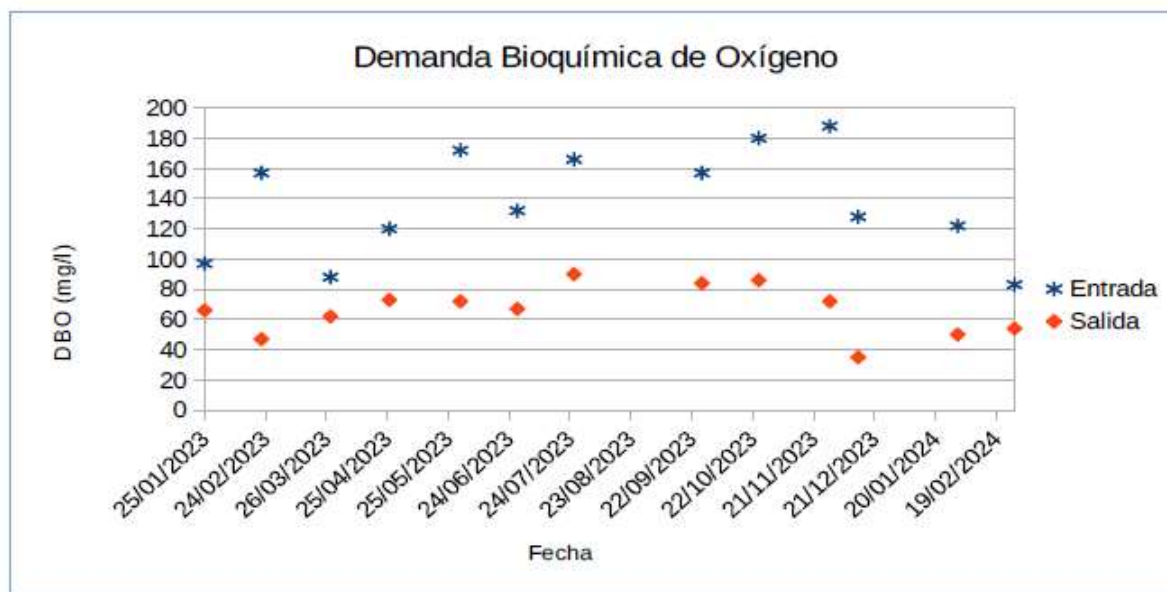


Ilustración 45 Parámetros fisicoquímicos de entrada y salida de planta informados por ARSA.

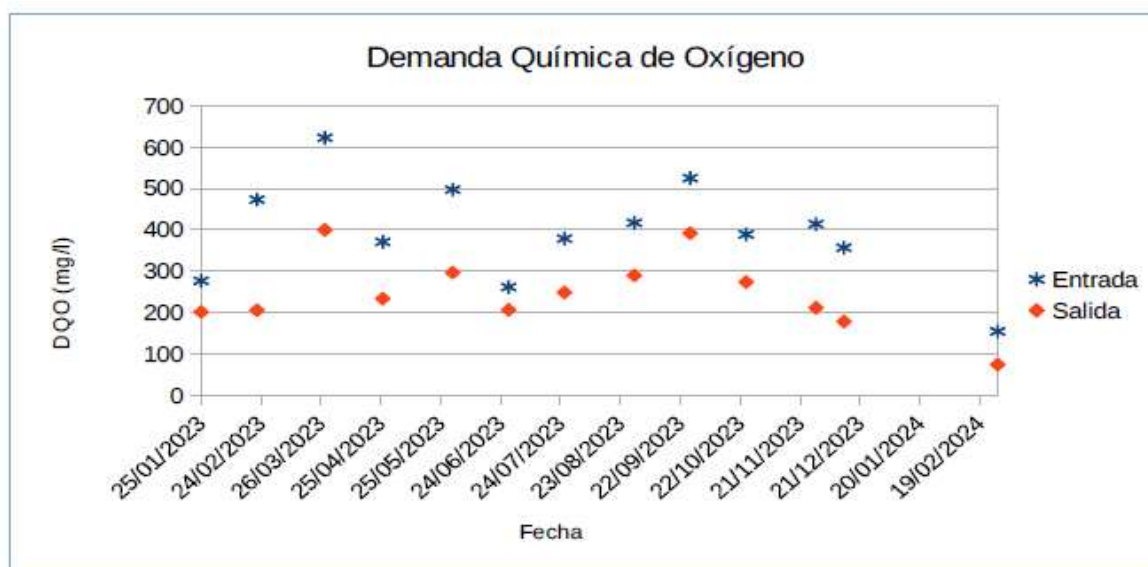


Ilustración 46 Parámetros químicos informados por ARSA

Los principales problemas operativos conocidos informados por el DPA.

- ❖ Inicio de actividades año 1998
- ❖ El predio estuvo “abandonado” post pandemia, y ARSA retomó las actividades aproximadamente en febrero del 2024.
- ❖ La planta sufre frecuentes hechos de vandalismo con la sustracción de elementos básicos para su funcionamiento, como el cableado del suministro de energía eléctrica y el cerco perimetral del predio.
- ❖ No hay operario permanente en el predio.
- ❖ La laguna N° 1 se encuentra con un solo aireador, debería haber 4 instalados.
- ❖ Las lagunas N° 2 y 3 se encuentran colmatadas de sedimentos y vegetación en su interior.

- ❖ En la laguna N° 4, no se han realizado los trabajos de reparación de membrana, y hay un ingreso parcial de efluente, donde el mismo queda estancado.
- ❖ No se realiza cloración en descarga de salida.
- ❖ El predio carece de cerco perimetral.
- ❖ Se repuso el servicio de luz hace dos meses aproximadamente y se reacondicionaron las luminarias.
- ❖ La garita está sin los servicios básicos.
- ❖ Caudal de Invierno: 49 L/s
- ❖ Caudal de Verano: 82 L/s.
- ❖ Cantidad de conexiones: 6.300
- ❖ No cuenta con plan de trabajo ni objetivos operativos.
- ❖ En el predio se hallan los elementos para la investigación del empleo de algas para estudiar alternativas depurativas, a cargo de un grupo de investigadores de la Universidad Nacional del Comahue. Esta actividad se inició sin solicitar autorización ni convenir con este Organismo como concesionario del servicio, lo cual implica además no haber dejado establecido la asunción de responsabilidades en caso de eventos dañosos u otras eventualidades.

Propuestas de mejoramiento para solicitar a ARSA, por parte del DPA.

- ❖ Solicitar personal operativo en el predio para toda la jornada.
- ❖ Solicitar cerramiento del predio y recomendar el cerco vivo forestal en todo su perímetro.
- ❖ Solicitar la incorporación de los aireadores faltantes y cloración final.
- ❖ Solicitar plan de limpieza de las lagunas colmatadas de sólidos y activación de laguna N° 4.
- ❖ Solicitar la incorporación de sistema de cámaras de seguridad monitoreadas entre varios organismos para la seguridad. (Policía, Municipio, DPA, ARSA).
- ❖ Solicitar el plan de trabajo y el plan de objetivos de mejoramiento del predio.
- ❖ Solicitar al prestador un espacio dentro del predio y un plan de trabajo para el tratamiento de los residuos sólidos que se recogen diariamente del sistema en las redes, estaciones elevadoras y planta depuradora con su manejo mediante personal calificado.

Obras que propone el DPA a la empresa prestadora de servicio.

- ❖ Sistema para recepción y pretratamiento de líquidos de camiones atmosféricos y baños químicos.
- ❖ Ejecución del plan director



Ilustración 47 Laguna de tratamiento



Ilustración 48 Aireadores

4.1.3.1 Comentarios y recomendaciones sobre el funcionamiento y operación para la PTLC de Allen

A continuación, se detallan los comentarios del experto de Mekorot a partir de la visita técnica - Mekorot – DPA de plantas de tratamientos de efluentes.

“En el informe se menciona que la instalación está en funcionamiento desde 1998, pero no se indica si desde entonces se han limpiado las lagunas de los sedimentos acumulados. Se indica que la primera

laguna está ahora llena de sedimentos y lodos que deben eliminarse antes de su integración a la operación. También se indica que la laguna 1, que se supone que funciona como laguna aireada, está funcionando temporalmente como laguna facultativa, ya que 3 de los 4 aireadores de superficie no están en uso. Como se menciona más adelante, las lagunas 2 y 3 también están llenas de lodos, y la condición física de la laguna 4 no le permite funcionar a pleno rendimiento. No hace falta decir que, en instalaciones de tratamiento extensivas, como las lagunas facultativas, es muy importante controlar la acumulación de sedimentos, lo que provoca una disminución de su volumen operativo, una reducción del tiempo real de retención hidráulica y, finalmente, un deterioro de la eficiencia del tratamiento.

El control de los sedimentos y lodos acumulados en las lagunas debe formar parte del programa de mantenimiento rutinario de instalaciones de este tipo. Es bueno ver que, aunque la instalación fue abandonada y volvió a funcionar hace varios meses, el programa de muestreo de la instalación siguió existiendo durante todo el año 2023. Calidad de las aguas residuales sin tratar: Al observar el gráfico de concentraciones de DBO en las aguas residuales sin tratar, el rango de concentraciones es principalmente de 100 a 200 mg/l, mientras que las concentraciones de DQO estaban en el rango de 300 a 600 mg/l. La calidad del efluente final: En términos de los componentes de la carga orgánica, parece que la instalación está teniendo dificultades para producir una calidad de efluente que cumpla con los requisitos del regulador: una concentración de DBO inferior a 50 y una concentración de DQO inferior a 250 mg/l. Tiene mucho sentido considerando los desafíos operativos mencionados anteriormente, como la desactivación de los aireadores y la reducción del TRH real como resultado de la acumulación de sedimentos en las lagunas.

Como sabemos, la calidad del desempeño de las instalaciones de tratamiento extensivo, como las lagunas facultativas, depende en gran medida del correcto diseño de la instalación, de la prevención de las cargas de choque en términos de la carga hidráulica y orgánica. Además, en esta instalación, los desafíos operativos y de mantenimiento mencionados anteriormente hicieron que la tarea de tratar adecuadamente las aguas residuales fuera casi imposible. La solución de los problemas mencionados, como operar las lagunas a su capacidad original junto con el regreso a la operación de todos los aireadores de superficie, puede resultar en una mejora significativa en el desempeño de la instalación. Vyacheslav (Slava) Shmulevich, abril 2024.

Recomendaciones e ideas:

- ❖ *Eliminar los sedimentos, reparar las láminas de sellado y regresar todas las lagunas al modo de operación a su capacidad original. Devolver a la operación los 3 aireadores de superficie defectuosos.*
- ❖ *Se debe preparar un plan de mantenimiento regular para la instalación. La implementación del programa mantendrá la condición física de la instalación y conducirá a una mejora en la calidad del efluente producido.*
- ❖ *Es útil preparar un plan de monitoreo operativo para controlar la acumulación de sedimentos en las lagunas, las fluctuaciones de las concentraciones de oxígeno disuelto según la estación, la hora del día, la ubicación y la profundidad de la laguna. Un programa de este tipo mejorará la comprensión de los procesos de tratamiento y el control de calidad de los efluentes. También puede ser útil la incorporación de pruebas microscópicas para evaluar la diversidad de la población microbiana.*

- ❖ *La medición continua de la carga hidráulica en la entrada de la instalación puede ayudar a comprender las condiciones de los procesos de tratamiento y el efecto de las cargas de choque sobre ellos.*
- ❖ *Considerar la posibilidad de mejorar el rendimiento de las lagunas instalando aireadores de superficie en las lagunas 2 y 3 y convirtiendo estas lagunas facultativas en lagunas aireadas.*
- ❖ *La activación del sistema de desinfección del efluente tratado ayudará a mejorar el tema de la seguridad sanitaria del efluente en términos de eliminación de microorganismos patógenos.*
- ❖ *Con la mejora de la calidad del efluente, será posible considerar un uso local limitado para el riego de árboles.*
- ❖ *Se debe promover un plan maestro para el desarrollo futuro de la instalación considerando las dificultades operativas existentes y las ampliaciones y mejoras requeridas.*
Vyacheslav (Slava) Shmulevich, abril 2024.

4.1.4 Cipolletti – Fernández Oro (operador ARSA)

La planta de tratamiento de las localidades de Cipolletti – Fernández Oro es operada por ARSA, que es el prestador del servicio. La siguiente descripción es brindada por el Ente Regulador (DPA) y la Empresa prestadora del servicio (ARSA), donde el DPA expone los principales problemas operativos y obras de mejoras a proponer.

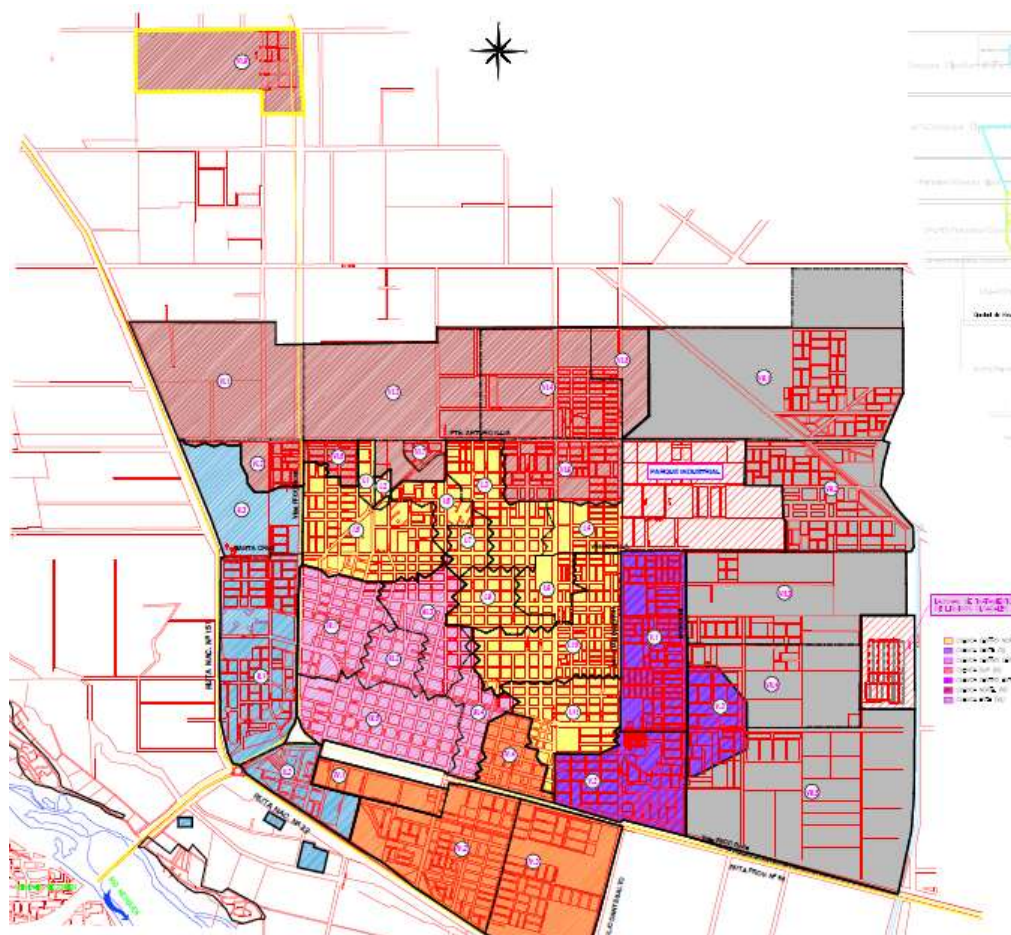


Ilustración 48 - Ampliación del plan director del sistema de desagües cloacales de la ciudad de Cipolletti. Fuente: Plan Director de desagües cloacales de Cipolletti – DPA

El sistema de tratamiento de líquidos cloacales es del tipo lagunar con una configuración de tres trenes paralelos, conformados cada uno por una serie de tres lagunas, la primera anaeróbica, seguida de laguna aeróbicas de mezcla completa y una laguna facultativas aireada. El inicio de actividades se realizó en el año 2006 con una sola línea lagunas, recepcionando aproximadamente el 40 % de los efluentes domiciliarios de la ciudad de Cipolletti. En el año 2021 se completó el proyecto para ampliar su capacidad y recibir el 100 % de los líquidos cloacales de la ciudad de Cipolletti e incorporar los efluentes de la localidad de Fernández Oro.



Ilustración 49 Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales Cipolletti. Fuente: ARSA

Parámetros del Sistema informados por ARSA.

Qc	m ³ /h	820
Lineas		3
Q LINEA	m ³ /h	273

		Anaeróbica	Facultativa Aireada I	Facultativa Aireada II
Largo	m	275	85	144
Ancho	m	82	82	90
Pendiente		2	2	2
Revancha	m	0,5	0,5	0,5
Profundidad	m	2,4	3,5	3,5
Tirante	m	1,9	3	3
Volumen Reactor	m ³	38976	17130	33487
Potencia aireación			7X11KW	3X11KW
Densidad Pot.	W/m ³		4	1
TRH	días	6	3	5

Ilustración 50 Parámetros del sistema. Fuente: ARSA

Parámetros fisicoquímicos de entrada y salida de planta informados por ARSA.

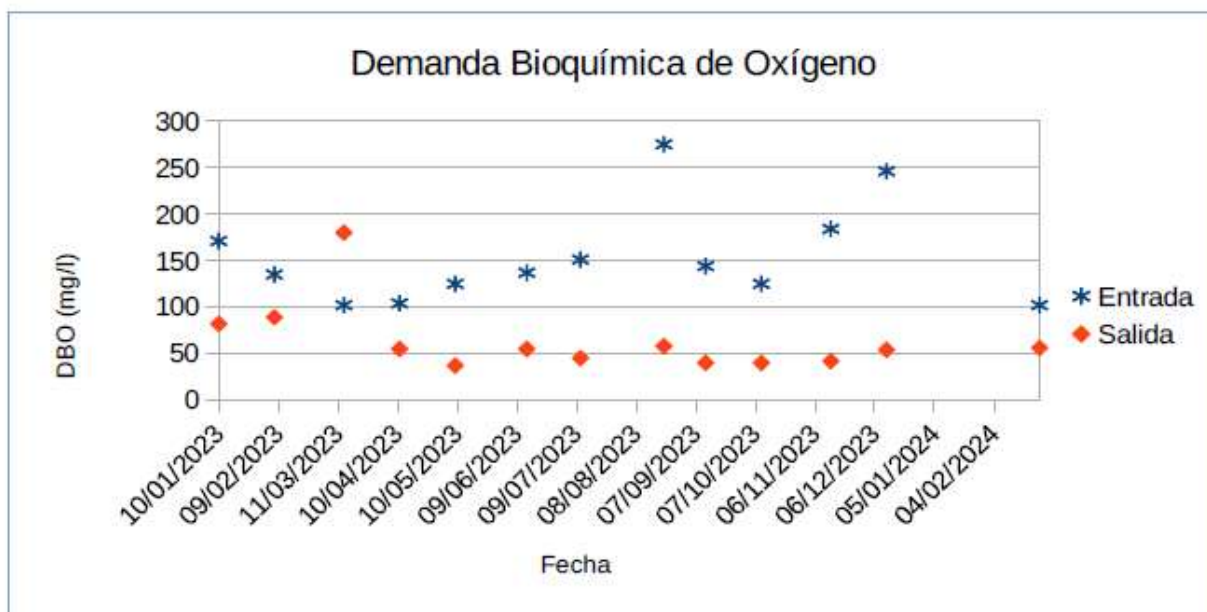


Ilustración 51 Parámetros del sistema. Fuente: ARSA

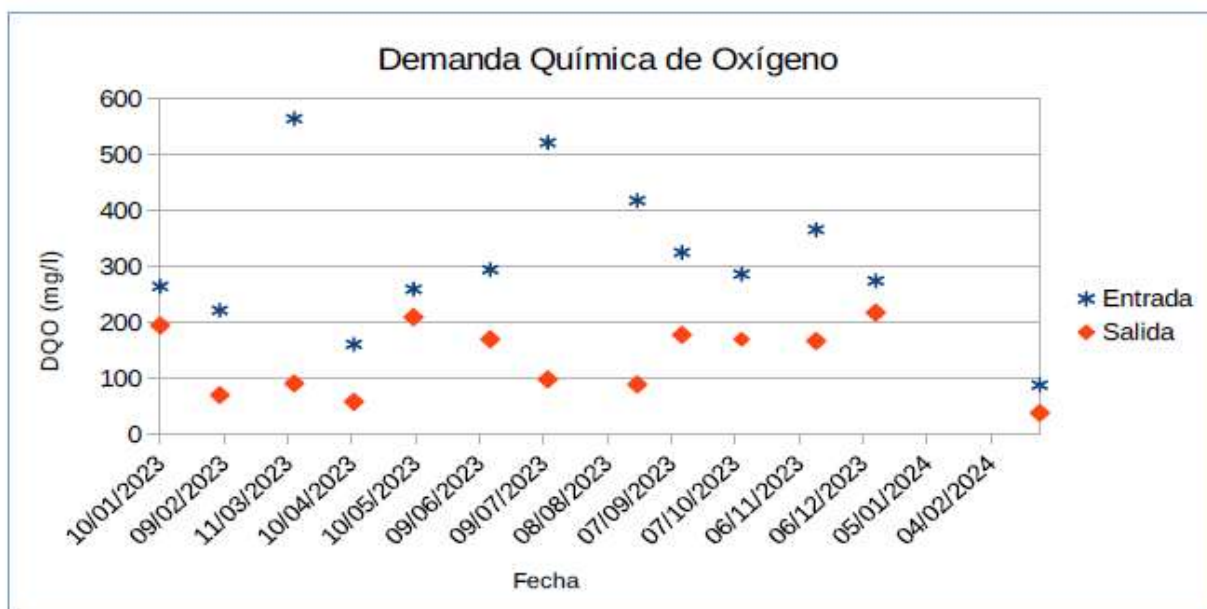


Ilustración 52 Parámetros del sistema. Fuente: ARSA

Los principales problemas operativos conocidos informados por DPA.

- ❖ Recibe descarga de atmosféricos de manera no apropiada, ni controlada sobre las instalaciones para ese fin. Esto genera roturas en instalaciones prácticamente nuevas.
- ❖ Operario no permanente.

- ❖ Falta control de ARSA para recepción y operación de planta compacta para efluentes descargados por los camiones atmosféricos.
- ❖ Tiene un rendimiento del 50 % aproximadamente.
- ❖ Los resultados bacteriológicos son variables, la cloración es muy irregular.
- ❖ No se presentado un plan de trabajo, ni objetivos operativos.
- ❖ Hay componentes de la planta como el quemador de gases que no funciona
- ❖ Caudal de salida: 190 L/s
- ❖ Conexiones totales: 20.500 Cipolletti + 4.300 Fernández Oro.
- ❖ Ocurren frecuentemente hechos de vandalismo, ocasionando daños importantes para el funcionamiento de la planta y la seguridad del personal.

Solicitudes para realizar a ARSA, por parte del DPA

- ❖ Solicitar al prestador un espacio dentro del predio y un plan de trabajo para el tratamiento de los residuos sólidos que se recogen diariamente en redes colectoras, estaciones elevadoras y planta Depurador).
- ❖ Solicitar la incorporación de sistema de cámaras de seguridad monitoreadas por varios organismos como Policía, Municipio, DPA y ARSA.
- ❖ Solicitar control intensivo sobre el vuelco de los camiones atmosféricos y baños químicos en el predio y detalle asentado en planillas de este ingreso.
- ❖ Solicitar plan de trabajo operativo con todos los controles del proceso.
- ❖ Solicitar la reincorporación y puesta en funcionamiento de los aireadores faltantes en el sistema.
- ❖ Solicitar acondicionamiento y extracción de barros de la línea de lagunas N° 1, la cual se encuentra colmatada (más antigua).
- ❖ Solicitar utilizar parte del predio para acopio de equipamiento y materiales, del sistema cloacal y depósito de equipos pesados.
- ❖ Para los predios de las ciudades grandes con caudales y/o equipamientos electromecánicos para el tratamiento, es indispensable la figura de un responsable a cargo del predio, con personal calificado y con un Plan de trabajo, estableciendo objetivos operativos concretos, con designación de tareas y funciones y asentamiento de las tareas en planillas diarias digitales.

4.1.4.1 Comentarios y recomendaciones sobre el funcionamiento y operación de la PTLC de Cipolletti – Fernández Oro

A continuación, se detallan los comentarios del experto de Mekorot a partir de la Visita Técnica – calidad del agua 7-11/8/2023, Matan Hadari, M.Sc., jefe del departamento de calidad del agua, distrito nacional de transportistas de agua, Mekorot.

“La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Cipolletti se erige como una instalación fundamental para el tratamiento de aguas residuales de una población de 130.000 habitantes. La planta existente fue ampliada recientemente.

Resumen operativo:

El proceso de tratamiento, que originalmente constaba de una sola línea, incluye una secuencia de estanques de tratamiento anaeróbico y aeróbico. El primer estanque comprende un estanque anaeróbico cubierto con recolección de gas, seguido de estanques aireados de superficie. Y un estanque facultativo. Las dos nuevas líneas se construyeron replicando el diseño de la primera.

Aspectos operativos y de diseño:

La secuencia del tratamiento anaeróbico que precede al tratamiento aeróbico plantea dudas sobre la justificación de esta orden. Una instalación de biogás, destinada a aprovechar el biogás del proceso anaeróbico, sigue sin funcionar debido a una supuesta falta de materia orgánica. Surgen preocupaciones adicionales debido a los efluentes desviados al canal número 2, que recolecta aguas residuales y subterráneas en lugar de utilizar el canal de riego paralelo”.

Recomendaciones e ideas:

- ❖ *Optimización del proceso: reevaluar la secuencia del tratamiento anaeróbico que precede al tratamiento aeróbico. Si bien la justificación puede tener su origen en condiciones específicas, es necesaria una evaluación exhaustiva de este acuerdo.*
- ❖ *Evaluación de la instalación de biogás: Realizar una evaluación detallada de la viabilidad operativa de la instalación de biogás. Relacionarse con expertos para explorar alternativas, como la co-digestión o tecnologías innovadoras, para mejorar la producción de biogás.*
- ❖ *Mitigación de riesgos de seguridad: Priorizar las medidas de seguridad relacionadas con la planta de biogás. Implementar protocolos de seguridad rigurosos, incluidos sistemas de monitoreo, ventilación y detección de fugas de gas, para mitigar posibles riesgos de seguridad.*
- ❖ *Estrategia de eliminación de efluentes: revisar la estrategia de eliminación de efluentes para garantizar que los efluentes tratados se dirijan de manera adecuada. Alinear la ruta de eliminación con las regulaciones locales y las consideraciones ambientales.*
- ❖ *Implementación de diseño modernizado: Se debe evitar replicar conceptos de diseño obsoletos. Considerar las tecnologías de tratamiento modernas y las mejores prácticas para mejorar la eficiencia y eficacia del tratamiento.*
- ❖ *Aireación energéticamente eficiente: explorar la viabilidad de adoptar difusores de microburbujas energéticamente eficientes en lugar de aireadores de superficie. Los difusores de microburbujas pueden ofrecer una mejor transferencia de oxígeno y eficiencia del tratamiento.*
- ❖ *Mejora de la materia orgánica: colaborar con las autoridades locales y las partes interesadas para diseñar estrategias para mejorar el contenido orgánico en las aguas residuales, potencialmente a través de iniciativas de separación en fuentes o campañas educativas. Matan Hadari, agosto 2023.*

Sobre los cometarios anteriores, del experto de Mekorot, los técnicos del DPA aclararon y mencionaron que las quejas de vecinos ante los intensos olores provenientes de las lagunas, fue por lo que se consideró tapar las lagunas anaeróbicas; así como que el sistema de combustión de gas nunca funcionó porque no se alcanzaba la presión necesaria para el funcionamiento de la instalación. Asimismo se fundamentó que la obra de ampliación siguiendo el proyecto original, resultaba imprescindible para eliminar urgentemente las descargas de aguas residuales domésticas sin tratar al cauce del río Negro y poder eliminar el impacto de ese vuelco.

4.1.4.2 Comentarios de Vyacheslav (Slava) Shmulevich, sobre los comentarios de Matan Hadari para la PTEC ubicada en la localidad de Cipolletti.

“Lagunas cubiertas y sistema de recolección y quema de biogás:

En primer lugar, coincido con la inquietud expresada durante la visita de agosto 2023 a las instalaciones sobre la decisión de cubrir las lagunas anaeróbicas con láminas de sellado flotantes. Pero, en cuanto al propósito de la recolección del biogás y su uso, creo que hubo un malentendido por parte de los participantes en la visita anterior, quienes pensaron que el sistema de biogás estaba destinado a ser utilizado como fuente de producción de energía, y de este malentendido surgió su recomendación de examinar la posibilidad de agregar proactivamente material orgánico en beneficio de la materia. A mi entender, el sistema de biogás que se instaló y nunca se activó originalmente estaba destinado únicamente a la recolección y quema del biogás para evitar su liberación, tal cual, a la atmósfera. Por eso estoy totalmente de acuerdo en preguntarse si desde un punto de vista económico hubiera estado justificado montar un sistema completo que incluye láminas de sellado flotantes, tuberías de biogás y la antorcha para quemarlo en lugar de permitir que se libere a la atmósfera de la forma convencional que se utiliza en las lagunas anaeróbicas regulares.

Puede que haya habido alguna consideración justificada por parte de los planificadores cuando tomaron la decisión de planificar este conjunto, cuando incluso desde el punto de vista del proceso y el mantenimiento no veo ningún beneficio en esta solución de ingeniería”.

“En mi opinión, la idea de quemar gas para resolver el problema del olor parece ser un concepto fundamentalmente erróneo. Cubrir las instalaciones para evitar problemas de olores es una técnica aceptada, pero existen mejores soluciones para combatir los olores que intentar quemarlos. Por ejemplo, tecnologías como el biofiltro o el carbón activado podrían ser una buena solución para este fin.

Además, veo varias desventajas en la aplicación de la solución anterior, como los esfuerzos para mantener la cubierta en buen estado y que ciertamente no es simple, requiere una inversión constante y grande y supongo que esto no sucede en la práctica, por lo que no hay ningún valor para esta cubierta que no funciona.

La otra desventaja es que la cubierta mencionada no permite un control efectivo de la situación con la acumulación de sedimentos en las lagunas anaeróbicas y convierte la tarea de eliminar los sedimentos de allí en una tarea casi imposible, a menos que alguien decida quitar la cubierta. Considerando las dudas que he mencionado, no es seguro que hubiera sido correcto replicar la solución de ingeniería antes mencionada también para los nuevos módulos que se agregaron a la planta durante la ampliación que se realizó.

Plan de mantenimiento:

El correcto funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales debe basarse en un plan de mantenimiento periódico, que incluya el monitoreo de la acumulación de sedimentos en las lagunas, así como la evacuación periódica de estos sedimentos. Además, el plan debe incluir el control del estado de los equipos electromecánicos, como los aireadores de superficie y la realización de un mantenimiento adecuado de los equipos. Estos dos factores, el tiempo de retención hidráulica real

(HRD) y el suministro de oxígeno suficiente, son los principales factores del tratamiento biológico en este tipo de plantas de tratamiento.

Aireadores de superficie:

Durante la visita, se observaron varias unidades que habían sido desmanteladas de las lagunas, que deberían ser reparadas y puestas en funcionamiento lo antes posible.

Calidad de las aguas residuales sin tratar:

Si se observa el gráfico de concentraciones de DBO en las aguas residuales sin tratar, las concentraciones oscilan principalmente entre 100 y 200 mg/l, mientras que las concentraciones de DQO se situaron principalmente en el rango de 200 a 400 mg/l.

La calidad del efluente final:

En cuanto a los componentes de la carga orgánica, parece que la instalación cumple la mayor parte del tiempo con los requisitos del regulador: las concentraciones de DBO oscilan alrededor de los 50 mg/l, excepto en los meses de enero a marzo, cuando los valores superaron los 100 e incluso los 200 mg/l, y todas las concentraciones de DQO fueron inferiores a 250 mg/l.

Pero cabe señalar que las concentraciones de DQO en las aguas residuales sin tratar fueron relativamente bajas la mayor parte del tiempo, por lo que cuando comparamos el nivel de DQO de entrada y el nivel de salida, podemos ver que las concentraciones de eliminación no fueron impresionantes. Tiene mucho sentido teniendo en cuenta los retos operativos mencionados anteriormente, como la desactivación de los aireadores y la posible reducción del TRH real debido a la acumulación de sedimentos en las lagunas.

Como sabemos, la calidad del rendimiento de las instalaciones de tratamiento extensivas, como las lagunas facultativas, depende en gran medida del diseño correcto de la instalación, la prevención de las cargas de choque en términos de la carga hidráulica y orgánica. Además, en esta instalación los desafíos operativos y de mantenimiento mencionados anteriormente hicieron que la tarea de tratar adecuadamente fuera más difícil.

La solución de los desafíos mencionados, como operar las lagunas a su capacidad original junto con el regreso a la operación de todos los aireadores de superficie, puede resultar en una mejora significativa en el rendimiento de la instalación.

Durante el recorrido, se observó un fenómeno de una cantidad considerable de espuma blanca aireada en la cámara de contacto de la cloración, y se asumió que los detergentes eran la razón de este fenómeno. En mi opinión, la razón es un fenómeno bien conocido de formación de espuma debido al flujo turbulento de efluente con una alta concentración de materia orgánica en combinación con una baja concentración de microorganismos. El fenómeno es un caso muy común en las primeras etapas de puesta en marcha de un proceso biológico donde la relación M/F (microorganismos/alimento) es muy baja.

Recomendaciones e ideas:

- ❖ *Intentar reproducir las consideraciones que sirvieron de base para tomar la decisión de cubrir las lagunas anaeróbicas en el momento de la construcción del primer módulo original de la planta de tratamiento y reexaminar dichas consideraciones. A continuación, sería recomendable considerar la posibilidad de desmontar las láminas de cubierta. Una acción de este tipo permitirá examinar la cantidad de sedimentos en las lagunas, limpiarlas y retirar los*

sedimentos con relativa facilidad. La contribución de esta acción será, por supuesto, que el volumen operativo de las lagunas volverá a su volumen original y, como resultado, el TRH operativo también aumentará.

- ❖ *Riesgos de seguridad del biogás: En mi opinión, cubrir las lagunas anaeróbicas, sin un sistema de evacuación de gases que funcione correctamente, puede crear graves problemas de seguridad, debido a la acumulación de biogás en ciertos puntos debajo de la lámina de cubierta (membranas de polietileno). Esta es otra razón por la que consideraría desmontar la cubierta. Mientras las láminas de cobertura permanezcan en su lugar, la recomendación es atenerse a la 3.ª recomendación dada en el informe de Mekorot tras la visita anterior del 8 de octubre de 2023, que habla de detección de fugas, ventilación y los peligros potenciales.*
- ❖ *Además, estoy de acuerdo con las recomendaciones n.º 4 y 5 del informe mencionado anteriormente.*
- ❖ *Se puede suponer que cuando se tomó la decisión de replicar el primer módulo durante la ampliación de la planta de tratamiento de aguas residuales, ya era posible sacar conclusiones sobre la viabilidad de cubrir las lagunas anaeróbicas. Si las conclusiones fueran negativas, valdría la pena tenerlas en cuenta y no replicar esta solución de ingeniería tal como está.*
- ❖ *En general, es muy recomendable en el proceso de planificación de nuevas instalaciones, y especialmente en las instalaciones existentes que se enfrentan a una ampliación y en las que ya se ha acumulado experiencia operativa, tener en cuenta los conocimientos e ideas derivados de la experiencia de campo de los operadores.*
- ❖ *La calidad bacteriana de los efluentes y la eficacia de la desinfección:*
- ❖ *No se presentaron los resultados de las muestras bacterianas ni tampoco los requisitos reglamentarios. Se puede determinar que la tarea de llevar a cabo una desinfección adecuada de los efluentes con una alta carga orgánica tal y como exige la normativa (hasta DQO=250 mg/l y hasta DBO=50 mg/l) no es una tarea fácil. Para que esto se lleve a cabo de forma razonable, el sistema de cloración debe ser mejorado de tal forma que sea posible dosificar hipoclorito de sodio en una dosis proporcional al caudal del efluente así como a la demanda específica de cloro del efluente. Es decir, se recomienda instalar un medidor de caudal continuo para la corriente de efluente tratado que controle el trabajo de la bomba dosificadora de hipoclorito de sodio. Este sistema también debe estar integrado con una sonda de Concentración de Cloro Total en línea que permita un adecuado control del proceso de desinfección.*
- ❖ *Se debe preparar un plan de mantenimiento periódico de la instalación. La implementación del programa permitirá mantener la condición física de la instalación y conducir a una mejora en la calidad del efluente producido.*
- ❖ *Es útil preparar un plan de monitoreo operativo para controlar la acumulación de sedimentos en las lagunas, las fluctuaciones de las concentraciones de oxígeno disuelto según la estación, la hora del día, la ubicación y la profundidad de la laguna. Un programa de este tipo mejorará la comprensión de los procesos de tratamiento y el control de calidad del efluente. La incorporación de pruebas microscópicas para evaluar la diversidad de la población microbiana también puede ser útil.*
- ❖ *La medición continua de la carga hidráulica en la entrada de la instalación puede ayudar a comprender las condiciones de los procesos de tratamiento y el efecto de las cargas de choque sobre ellos.*

- ❖ *Se debe promover un plan maestro para el desarrollo futuro de la instalación considerando las dificultades operativas existentes y las ampliaciones y mejoras requeridas".*
Vyacheslav (Slava) Shmulevich, 2024.

4.1.5 Cinco Saltos (operador ARSA)

De acuerdo a lo especificado en el Plan Director, el sistema de tratamiento cuenta con tres líneas de tratamiento en paralelo, dos de estas son zanjas de oxidación con capacidad para tratar los efluentes de una población de 28.000 habitantes, y una conformada por un paralelo de dos lagunas aireadas de mezcla completa seguidas de una de sedimentación para una población de 18.000 habitante) por lo que adoptando este criterio se alcanza a cubrir una demanda de 46.000 habitantes, que es del orden de magnitud de la población esperada para el año 2040. La mínima diferencia será absorbida recargando eventualmente las lagunas existentes o las propias zanjas de oxidación hasta ejecutar la tercera zanja.

Según lo informado por ARSA, la planta de tratamiento de líquidos cloacales de la localidad se encuentra en ejecución por el Plan Director de la localidad, a la fecha los trabajos no fueron terminados, y se encuentra sin avances desde marzo del año 2023, lo ejecutado de obra es del 95%. Los trabajos de obra se encuentran detenidos, faltando terminar los empalmes de la red con el sistema de tratamiento, algunos detalles de obras menores de las líneas de las zanjas de oxidación y las obras eléctricas de energización del sistema de tratamiento. Solo hay operativa una línea de las lagunas aireadas y presenta problemas en la aireación.



Ilustración 53 Planta de tratamiento cloacal - Cinco Saltos

Los principales problemas operativos conocidos informados por el DPA

La planta inicial contaba con dos líneas en paralelo, cada una de ellas constaba de una laguna aireada de mezcla completa seguida de una laguna de sedimentación. Cada laguna aireada originalmente contaba con 6 equipos de aireadores flotantes. Luego se construyeron para una primera etapa de

diseño, dos zanjas de oxidación que se adicionan a las líneas de lagunas existentes.

Actualmente se está derivando el 100% del efluente cloacal crudo al río Neuquén, por hallarse en “obra”. El sistema “viejo” (de lagunas) que se intenta recuperar colocando aireación mecánica con sopladores; se puso en marcha una línea y permitió el ingreso de efluente constatándose en pocos días, una filtración sobre uno de los taludes; motivo por el cual se dejó nuevamente fuera de servicio. Si bien hoy este inconveniente se encuentra resuelto conforme lo expresa el área técnica de este Departamento, la comitente y a la vez concesionaria se niega rotundamente a operar, no reconoce las responsabilidades a su cargo, ni las que emanan de la Ley de Obra Pública ni las correspondientes a sus responsabilidades como concesionario. Sin resolución al día de la fecha.

La nueva obra para la ampliación del sistema de tratamiento, sin terminar y paralizada por la falta de colaboración de la comitente genera, en definitiva, además de los problemas externos que no son atribuibles al Estado, que no se pueda avanzar en la solución aunque se parcialmente, del vuelco permanente y del 100% al curso del río. Por lo anterior, la planta está fuera de servicio, volcando efluente crudo hace más de un año.

Propuestas a solicitar por DPA

- Solicitar e implementar un sistema de monitoreo con cámaras de seguridad con varios organismos para el control de la seguridad (Policía, Municipio, DPA, ARSA) previniendo la afectación de la infraestructura y el funcionamiento del sistema por robos de elementos.
- Solicitar plan de trabajo, controles, monitoreos y seguimiento del proceso.
- Solicitar activar de manera inmediata el sistema existente del tratamiento.
- Solicitar al prestador un espacio dentro del predio y un plan de trabajo para el tratamiento de los residuos sólidos que se recogen diariamente del sistema, (redes, estaciones elevadoras y Planta Depuradora). En caso de no contar con espacio, requerir a este Departamento el inicio de los procedimientos de expropiación que eventualmente sean necesarios.
- Es indispensable contar con un responsable a cargo del predio, con personal calificado y con un Plan de trabajo, estableciendo objetivos operativos concretos, con designación de tareas y funciones y asentamiento de las tareas en planillas diarias digitales.

4.1.5.1 Comentarios y recomendaciones sobre el funcionamiento y operación de la PTLC de Cinco Saltos

A continuación, se detallan los comentarios del experto de Mekorot a partir de la Visita Técnica – calidad del agua 7-11/8/2023, Matan Hadari, M.Sc., jefe del departamento de calidad del agua, distrito nacional de transportistas de agua, Mekorot.

“La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cinco Saltos es un proyecto en curso diseñado para satisfacer las necesidades de una comunidad en crecimiento, que inicialmente atiende a 18.000 residentes y eventualmente se expande para albergar a 28.000 personas. Este informe ofrece una evaluación integral del estado actual de la construcción de la planta, su importancia dentro de la comunidad y los factores esenciales que contribuyen a su operación y mantenimiento efectivos.”

Resumen operativo:

Actualmente en construcción, la Planta Depuradora de Aguas Residuales Cinco Saltos está diseñada como una moderna instalación de tratamiento terciario. Se planea estratégicamente incluir la remoción de arena durante las etapas iniciales del proceso de tratamiento de agua. La finalización de la planta y su funcionamiento eficiente son vitales para garantizar un tratamiento exitoso de las aguas residuales de la comunidad.

Estado de financiación y finalización:

El avance de la construcción de la planta se ha visto obstaculizado por limitaciones financieras, lo que ha resultado en su estado incompleto. A pesar de los desafíos, la instalación tiene un inmenso potencial para atender eficazmente las necesidades de tratamiento de aguas residuales de la creciente población.

Importancia de la financiación del gobierno central:

La principal fuerza impulsora detrás de la importante inversión en esta planta de tratamiento de aguas residuales es la financiación proporcionada por el gobierno local. Este financiamiento subraya el compromiso del gobierno de mejorar la salud pública, la sostenibilidad ambiental y el bienestar de la comunidad.

Recomendaciones e ideas:

Continuación del financiamiento: Abogar por un apoyo financiero continuo para garantizar la finalización de la planta de tratamiento de aguas residuales. Colaborar con las partes interesadas relevantes, incluidos organismos gubernamentales y autoridades locales, para asegurar los recursos financieros necesarios.

Conciencia comunitaria: Involucrar a la comunidad local en la comprensión de la importancia de la planta de tratamiento de aguas residuales. Generar apoyo comunitario puede fomentar un esfuerzo colectivo para garantizar la finalización y operación exitosas de la instalación.

Preparación operativa: Desarrollar un plan operativo integral que describa roles, responsabilidades y cronogramas de mantenimiento. El personal capacitado y el mantenimiento adecuado de los equipos son esenciales para el funcionamiento perfecto de la planta.

Mejoras de la eficiencia: considerar la incorporación de tecnologías y procesos energéticamente eficientes en el diseño de la planta. Estas mejoras pueden reducir los costos operativos y el impacto ambiental.

Enfoque colaborativo: Fomentar asociaciones con sectores privados, instituciones de investigación y comunidades vecinas para explorar soluciones innovadoras para superar las limitaciones de financiamiento y acelerar la finalización.

Planificación a largo plazo: Diseñe la planta teniendo en cuenta la escalabilidad futura para adaptarse al crecimiento poblacional proyectado. La flexibilidad en el diseño de la instalación garantizará su relevancia y eficacia en los años venideros”.

Matan Hadari, agosto 2023

4.1.5.2 Comentarios del experto Vyacheslav (Slava) Shmulevich sobre la PTLC de Cinco Saltos

“Todos saben que la situación es extremadamente problemática, no hay una fecha límite para la finalización de las obras y la puesta en marcha, y las aguas residuales sin tratar fluyen al río y lo

contaminan.

Más allá del problema ecológico creado, la situación en la que muchos equipos electromecánicos que están instalados en el campo y no se utilizan están muy expuestos al potencial de robo, vandalismo y deterioro acelerado. Después de un largo período de tiempo en que el equipo está sin usar y se intenta encenderlo, no funciona: las bombas no giran y las válvulas no funcionan.

Se puede determinar con certeza que, además del presupuesto que se invertirá en la finalización de las obras, se necesitarán presupuestos adicionales para la renovación y sustitución de los equipos que se desgastarán y se atascarán. Por lo tanto, el máximo esfuerzo debe concentrarse en encontrar el arreglo para la finalización de las obras y la activación de la nueva instalación, o, como mínimo, hacer que la antigua vuelva a funcionar.

Aunque no se prevé una fecha de entrada en funcionamiento de la nueva instalación, abordaré brevemente la cuestión de la operación actual de una instalación moderna de lodos activados.

La operación y el mantenimiento de una instalación de este tipo son decididamente diferentes en comparación con una instalación extensa de tipo laguna, tanto en términos de la complejidad del proceso biológico como en términos de los gastos operativos requeridos (mano de obra, energía, productos químicos, eliminación de lodos, etc.).

Se requerirá un operador muy profesional, capacitado en muchos campos (química, microbiología, electricidad, electrónica, comando y control, y mecánica)".

Vyacheslav (Slava) Shmulevich, 2024

Recomendaciones e ideas:

- ❖ *Concentrar los esfuerzos en encontrar una solución para la activación de la nueva instalación y la reactivación del módulo antiguo.*
- ❖ *En el futuro, cuando se activen todos los módulos de la planta, la combinación entre el módulo antiguo (laguna) y el nuevo módulo (lodos activados) parece ser todo un desafío en el contexto de combinar diferentes tecnologías y calidades de productos.*
- ❖ *Existe una gran duda de que el intento de mejorar el rendimiento del módulo antiguo mediante la instalación de un difusor de burbujas de aire sea capaz de llevar la calidad de los efluentes a un nivel similar al de los efluentes de los nuevos módulos. Esto se debe tener en cuenta desde ya y empezar a pensar en modernizar la antigua planta a un reactor de lodos activados convencional, de hormigón y con una profundidad de al menos 4 metros.*
- ❖ *Concentrar los esfuerzos en proteger los equipos instalados contra robos y vandalismo.*
- ❖ *Hasta que la instalación entre en funcionamiento, elaborar un plan de mantenimiento de los equipos instalados en la instalación. El plan debe incluir las operaciones de mantenimiento necesarias, incluida la determinación de la frecuencia y la forma de operar los equipos iniciados con el fin de evitar el desgaste y los daños irreversibles.*
- ❖ *Es necesario pensar ya en una solución final para los distintos residuos que producirá la instalación: el material que se eliminará en el pretratamiento, la arena y los escombros, las grasas y, por supuesto, los lodos deshidratados.*

Vyacheslav (Slava) Shmulevich 2024.

4.1.6 San Carlos de Bariloche (Operador Cooperativa Eléctrica de Bariloche, CEB)

Se realiza una descripción con la información obtenida del documento técnico Tomo I - Nuevo Módulo

Planta Depuradora Memoria Técnica, Pliego, Presupuesto y Planos, septiembre 2016; y con información brindada por el DPA. Los parámetros fisicoquímicos, datos de caudales fueron provistos por la Cooperativa de Eléctrica de Bariloche (CEB).

El sistema de tratamiento es de barros activados, la planta compacta (1996) tiene una capacidad para tratar los efluentes generados por 90.000 habitantes en el módulo existente, más un módulo construido en el 2015 con capacidad para 10.000 habitantes adicionales, totalizando una capacidad para 100.000 habitantes (planta compacta + módulo I).

Por razones de espacio físico se ha construido un nuevo sistema de tratamiento para tratar los líquidos generados por 90.000 habitantes, llegando a una máxima capacidad de tratamiento para 190.000 habitantes (módulo II).

Tienen inconvenientes con los sopladores que no funcionan. Existe una planta de compostado que actualmente cuenta con problemas de espacio para la disposición del compost, ya que SENASA prohíbe el transporte por considerarlo residuo peligro y no es posible otro modo de disposición.

Los parámetros para el cálculo de la Ampliación de la Planta son:

- ❖ Población: 90.000 habitantes
- ❖ Dotación: 250 l/hab.día
- ❖ Caudal de infiltración: 2500 m³/d
- ❖ Caudal diario: 25.000 m³/d = (22.500 m³/d + 2.500 m³/d)
- ❖ Caudal medio diario: 1042 m³/h
- ❖ Caudal máximo diario: 1400-1500 m³/h
- ❖ DBO: 200 mg/l
- ❖ DQO: 400 mg/l
- ❖ Nitrógeno Total Kjeldahl: 35 mg/l
- ❖ Nitrógeno Amoniacal: 24 mg/l
- ❖ Fósforo total: 6,5 mg/l
- ❖ Eficiencia a obtener en el sistema:
- ❖ Remoción de DBO: > ó = 85%
- ❖ Remoción de DQO: > ó = 70%
- ❖ Remoción Nitrógeno total: > ó = 80% ó < a 10 mg/l
- ❖ Remoción de Fósforo total: > ó = 30%
- ❖ El límite permisible de vuelco para fósforo total será: valor máximo =1 mg/l, esto según la Resolución N° 1763/07 del DPA.

Caudales

Planta Compacta:

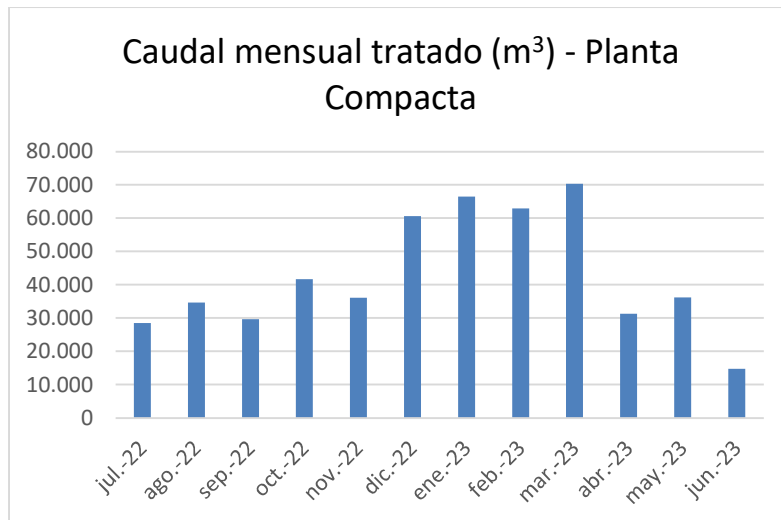


Ilustración 54 Caudal mensual tratado - Fuente: Cooperativa Eléctrica de Bariloche

Módulo 1:

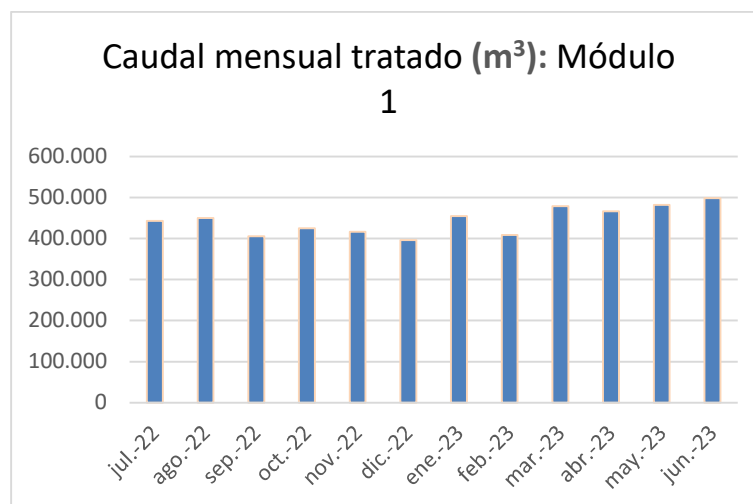


Ilustración 55 Caudal mensual tratado - Fuente: Cooperativa Eléctrica de Bariloche

Módulo 2:

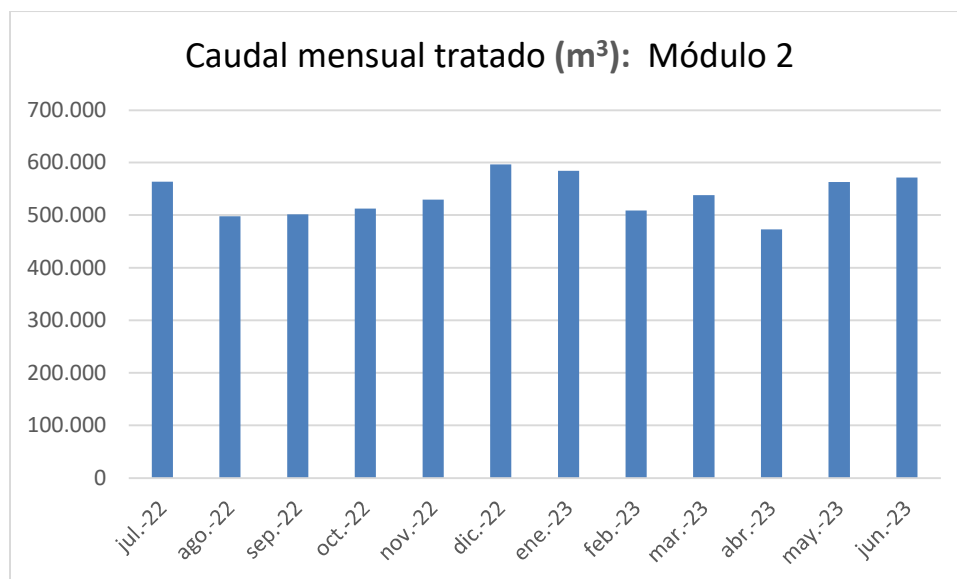


Ilustración 56 | mensual tratado - Fuente: Cooperativa Eléctrica de Bariloche

Descripción de la obra de ampliación

El sistema de depuración biológica para la ampliación de la planta, denominado Ludzack-Ettinger modificado (MLE por sus siglas en inglés), está conformado por dos etapas o cámaras en serie: la primera, de régimen anóxico, recibe el líquido cloacal efluente de los desarenadores, conjuntamente con el barro biológico de recirculación de los sedimentadores secundarios correspondientes y con el líquido mezcla retornado directamente desde la segunda; la segunda es de régimen aeróbico y recibe al efluente-líquido mezcla- de la etapa anóxica.

El líquido mezcla efluente del reactor aeróbico concurre a una cámara partidora que derivará el caudal total a cuatro (4) nuevos sedimentadores de las mismas dimensiones y sección circular, que operarán en paralelo.

Además, si llegara a ser necesario aumentar la eficiencia global de remoción de fósforo soluble, en la cámara de salida del reactor aeróbico, se dosificará una solución de aluminato de sodio.

El líquido decantado efluente de los sedimentadores vuelca, para su desinfección a la cámara de cloración existente.

Para la disposición del barro excedente resultante se ha previsto una ampliación, que será diseñada, en principio, considerando, previamente, un aumento en el periodo diario de operación del sistema de acondicionamiento y deshidratación existente.

Parámetros químicos de líquido crudo, Planta Compacta (PC), Módulo 1 (M1) y Módulo 2 (M2):

Demanda Biológica de Oxígeno (mg/l)

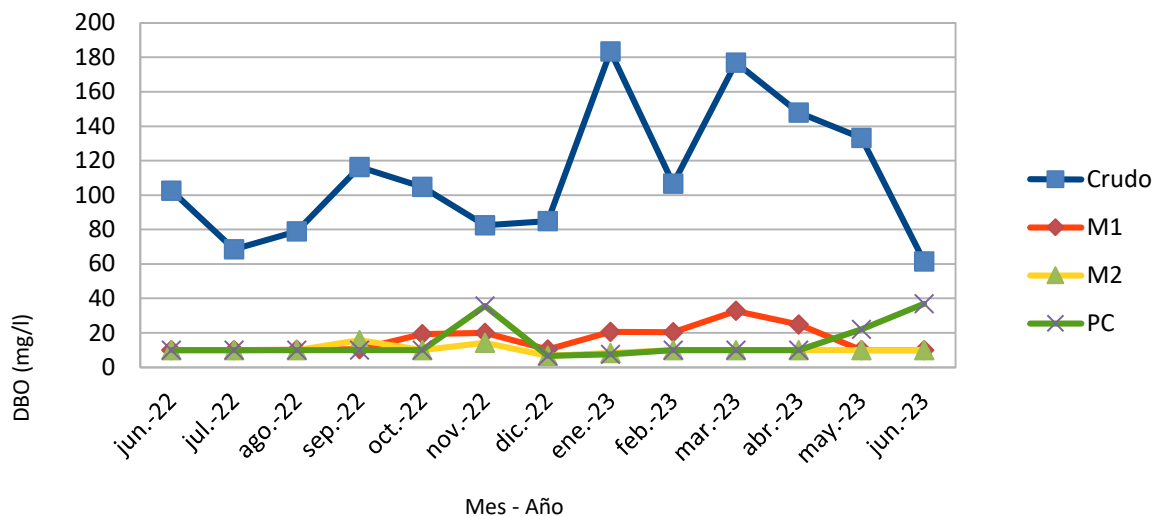


Ilustración 57 Demanda biológica - Fuente: Cooperativa Eléctrica de Bariloche

Kg DQO removidos/día

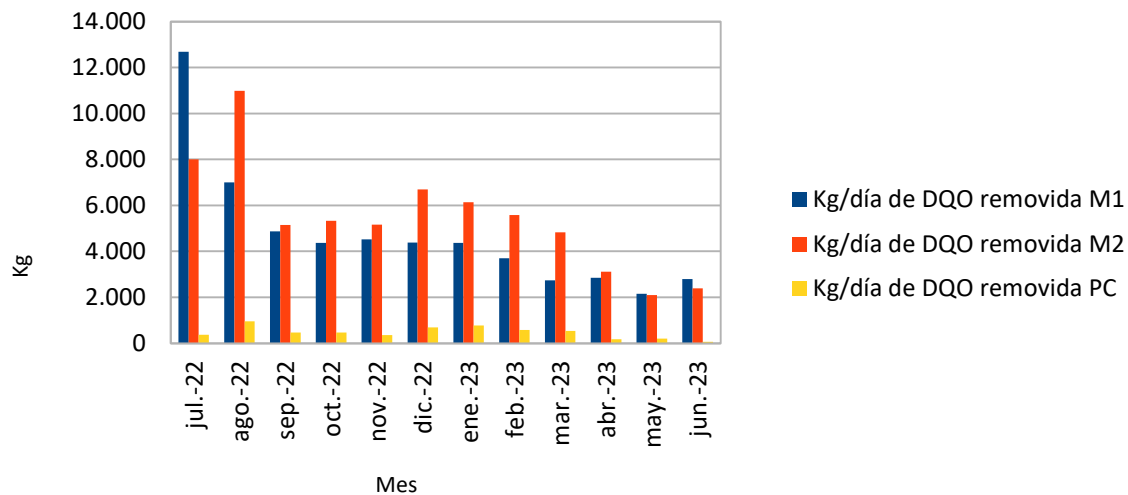


Ilustración 58 DQO removidos - Fuente: Cooperativa Eléctrica de Bariloche

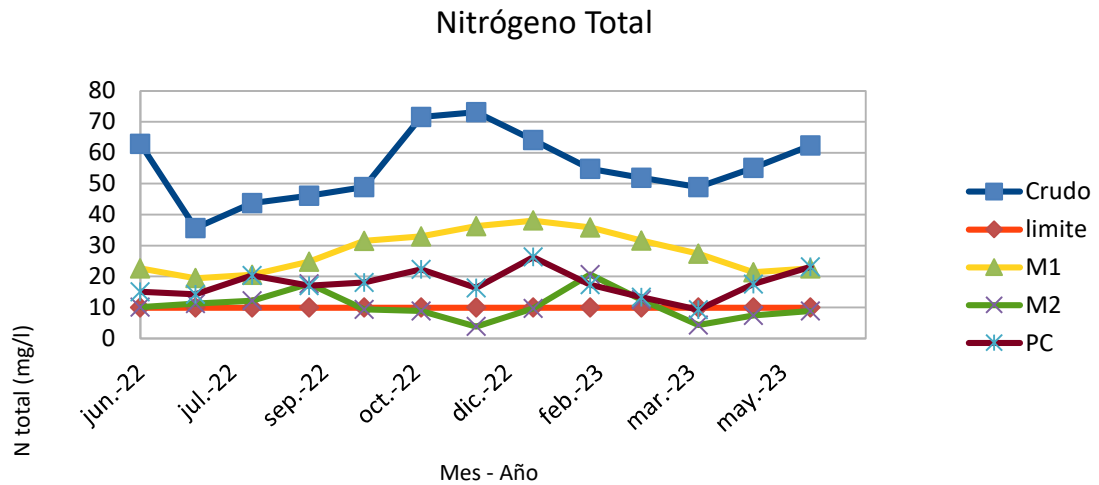


Ilustración 59 Nitrógeno total - Fuente: Cooperativa Eléctrica de Bariloche

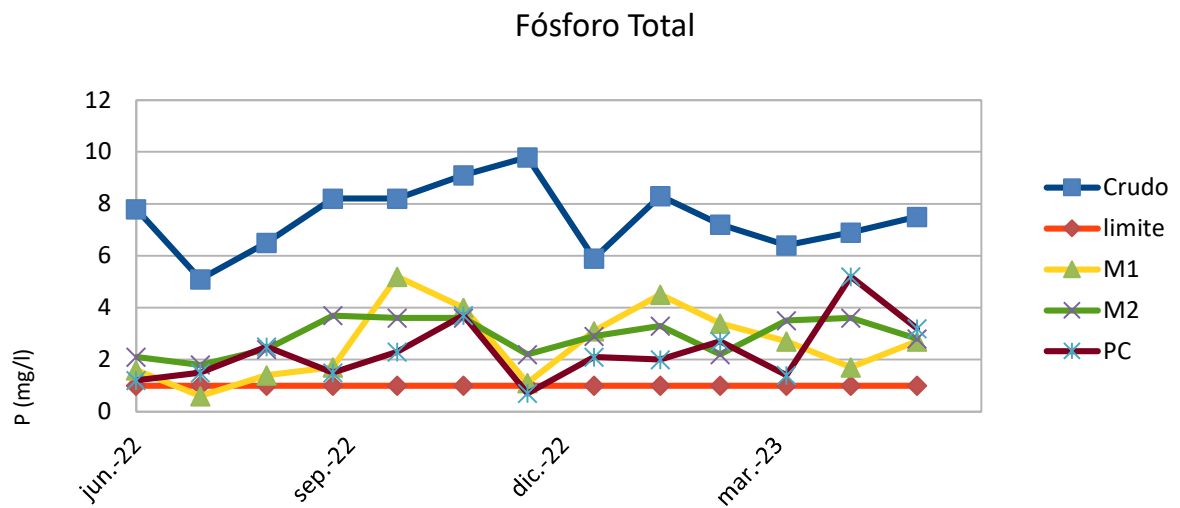


Ilustración 60 Fosforo total - Fuente: Cooperativa Eléctrica Bariloche

Producción de biosólidos (m3)

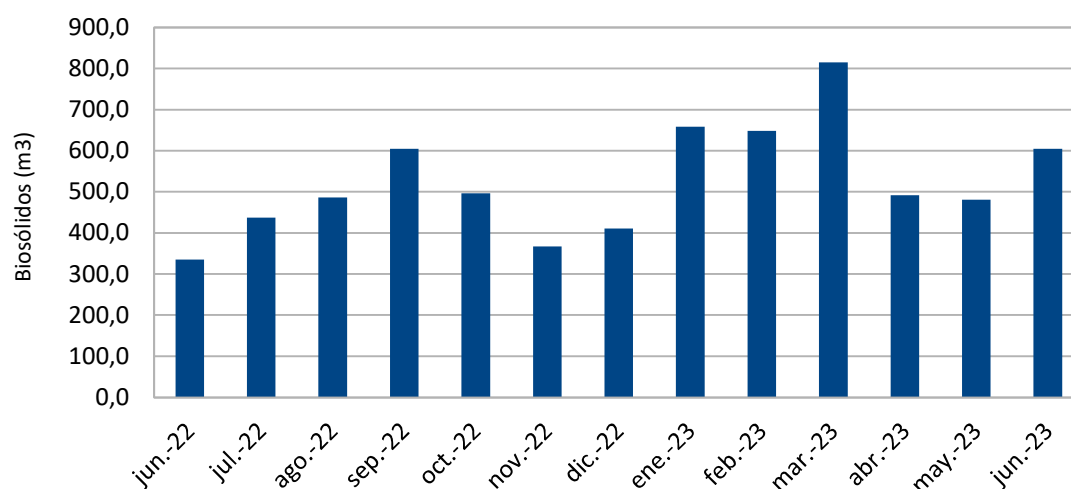


Ilustración 61 Producción de Biosólido Fuente: Cooperativa Eléctrica de Bariloche

4.1.6.1 Comentarios y recomendaciones sobre el funcionamiento y operación de la PTLC de SC de Bariloche

Comentarios del experto Vyacheslav (Slava) Shmulevich:

En general, la planta parece estar en buenas condiciones, mantenida y operada adecuadamente. Las explicaciones recibidas del ingeniero que acompañó la visita fueron perspicaces y profesionales.

La operación y el mantenimiento de una instalación de este tipo son decididamente diferente en comparación con una instalación extensa tipo laguna, tanto en términos de la complejidad del proceso biológico como en términos de los gastos operativos requeridos (mano de obra, energía, productos químicos, eliminación de lodos, etc.).

Se requiere un operador muy profesional, capacitado en muchos campos: química, microbiología, electricidad, electrónica, comando y control, y mecánica.

El sistema de tratamiento en una planta de lodos activados incluye una combinación de procesos físicos, químicos y bioquímicos complejos. La gestión profesional de un conjunto de procesos de este tipo requiere mucho conocimiento, experiencia y la estrecha supervisión de un buen laboratorio operativo que pueda proporcionar en un corto período de tiempo datos en base a los cuales se toman decisiones operativas.

En esta planta hay un tratamiento integrado de tres módulos diferentes que se establecieron en diferentes momentos y en diferentes instalaciones, lo que ciertamente crea un desafío operativo difícil.

El equipo de operación, por muy profesional que sea, debe contar también con las herramientas adecuadas para que la planta funcione sin averías, mantenga las normas de proceso y produzca el efluente con la calidad requerida.

Como recomendación general, sugeriría realizar un estudio ordenado que examine la adecuación de los sistemas de tratamiento y sus equipos, construidos e instalados en diferentes períodos, a las necesidades actuales de la planta, centrándose en los equipos de bombeo, suministro de oxígeno y tratamiento de lodos.

En el tema del tratamiento de lodos, recomendaría considerar la modernización del equipo de deshidratación de lodos con un equipo de tipo centrífugo con una capacidad adecuada, que dará una buena respuesta a las necesidades de la planta por un lado y permitirá reducir significativamente la cantidad de lodos a eliminar y los costos involucrados, por otro lado. Al mismo tiempo, debe considerarse que el costo de estas máquinas no es despreciable y el consumo de polímeros por parte de las mismas es mayor en comparación con las máquinas actualmente en uso. Además, es necesario realizar un estudio para adaptar los sistemas de control y monitorización existentes en la instalación a las necesidades actuales de la planta. Hoy en día, para cumplir con los requisitos normativos cada vez más estrictos, una instalación moderna de lodos activados no puede existir sin un sofisticado sistema de mando y control: medición en línea de los caudales a la entrada y salida de la EDAR, y en cada estación de bombeo que se encuentra dentro de su alcance y forma parte del proceso de tratamiento. Además, es necesaria la medición en línea de muchos indicadores de calidad del agua, que van desde la conductividad eléctrica y el pH a la entrada de la planta (como indicador de vertidos industriales problemáticos) hasta la concentración de oxígeno disuelto, amoníaco y nitrato en los reactores biológicos (como indicador de calidad del proceso) y la concentración de cloro residual y turbidez en el flujo de efluente tratado como indicador de la calidad del producto final.

En cuanto al problema de la eliminación de lodos, la solución existente de eliminar los lodos a un sitio de compostaje es la mejor solución para las áreas inurbanas y esta solución debe mantenerse mientras se encuentra una solución a las dificultades locales que se han reportado. A continuación, se muestra mi referencia a los resultados proporcionados y los datos que sirvieron de base para el diseño del nuevo módulo.

DBO:

Las concentraciones de DBO a la entrada de la planta son significativamente inferiores en comparación con los datos de diseño (200 mg/l). El fenómeno se nota en los meses de invierno, entre junio y noviembre, cuando las concentraciones oscilan entre 60 y 120 mg.

Una posible razón es que hay infiltración de agua de drenaje de escorrentía superficial en el sistema de recolección y conducción de aguas residuales municipales durante la temporada de lluvias.

La calidad y la fiabilidad de los resultados a la entrada de la planta pueden verse directamente afectadas por la forma de muestreo: si el muestreo se realiza mediante muestras al azar, se recomienda cambiar al muestreo compuesto utilizando un muestreador automático, para obtener una imagen clara de los resultados promedio diarios.

En cuanto a los resultados de las concentraciones de DBO después del tratamiento, el gráfico muestra una calidad secundaria buena y estable a la salida de los tres módulos. Nitrógeno total:

Contrariamente a los resultados de DBO, las concentraciones generales de nitrógeno a la entrada de la planta suelen ser significativamente más altas en comparación con los criterios de diseño (35 mg/l) y alcanzan niveles superiores a los 70 mg/l en la estación cálida. Parece que la influencia de la escorrentía superficial durante la estación lluviosa también es evidente aquí.

En cuanto a los resultados después del tratamiento, parece que la planta está teniendo muchas dificultades para alcanzar el criterio de diseño de 10 mg/l, cuando la instalación compacta muestra resultados relativamente buenos, y el primer módulo parece malo.

Como no se presentaron datos de descomposición para todos los componentes del nitrógeno total, como Kjeldahl, amoníaco, nitrito y nitrato, no es posible comprender cuál es la contribución de cada componente ni indicar un factor de proceso en el que se debe centrar la atención. Se debe probar y refinar el componente dominante y se deben examinar posibles soluciones de proceso para su tratamiento.

Fósforo total:

Este parámetro también supera a menudo el valor de diseño de 6,5 mg/l, llegando hasta los 10 mg/l. Los tres módulos tienen grandes dificultades para acercarse al valor requerido de 1 mg/l.

Teniendo en cuenta el hecho, si he entendido bien el diagrama de procesos de la planta, en ninguno de los módulos se había previsto una zona anaeróbica para la eliminación biológica del fósforo por bacterias PAO (microorganismos acumuladores de fósforo) y la única solución de proceso prevista es un montaje para añadir aluminato de sodio para crear una coagulación química del fósforo, que según los informes no está disponible para la activación, por lo que el límite establecido (1 mg/l) parece poco realista e inalcanzable.

En cualquier caso, este límite es muy difícil de alcanzar, y alcanzarlo solo es posible mediante una combinación del proceso biológico y la adición de coagulantes. Estas soluciones deben estar bien planificadas y ejecutadas con cuidado.

La integración de un proceso biológico requerirá cambios estructurales sustanciales en los reactores existentes en el contexto de la planificación y ejecución de las obras civiles de hormigón, que implican diseño e inversión de tiempo y presupuesto. Por otro lado, supongo que el trabajo que se requerirá para poner en funcionamiento el sistema de dosificación de coagulante será más fácil y requerirá un plazo más corto, por lo que se recomienda comenzar por él. Al mismo tiempo, hay que tener en cuenta que con la activación del sistema coagulante, las cantidades de lodos excedentes a eliminar aumentarán significativamente, y se debe asegurar que el sistema existente de eliminación y deshidratación de lodos sea capaz de responder a esto.

Recomendaciones e ideas:

- ❖ *Realizar un estudio ordenado que examine la idoneidad de los sistemas de tratamiento y sus equipos, que fueron construidos e instalados en diferentes períodos, para las necesidades actuales de la planta con un enfoque en los equipos de bombeo, suministro de oxígeno y tratamiento de lodos.*
- ❖ *Considerar la modernización del equipo de deshidratación de lodos con un equipo de tipo centrífugo con una capacidad adecuada, que proporcione una buena respuesta a las necesidades de la planta por un lado y permita reducir significativamente la cantidad de lodos a eliminar y los costos involucrados, por otro lado.*
- ❖ *La solución existente de eliminar los lodos a un sitio de compostaje parece ser la mejor solución para el área inurbana y esta técnica debe preservarse mientras se encuentra una solución a las dificultades locales que se han reportado.*
- ❖ *El componente energético es uno de los componentes centrales de los costos operativos (OPEX), por lo que se recomienda estar continuamente atento a este tema y considerar la actualización de los sistemas de suministro de oxígeno existentes con sistemas más eficientes, en términos del tipo de difusores de aire de burbujas y los tipos de sopladores.*
- ❖ *Realizar un estudio que examine la idoneidad de los sistemas de monitoreo y control existentes para las necesidades actuales de la planta y los requisitos de regulación.*
- ❖ *Considerar la actualización del sistema de hipoclorito de sodio existente en términos de dosificación proporcional precisa del caudal de efluente y medición en línea de la concentración total de cloro residual.*

- ❖ *Un examen profundo de la cuestión de la eliminación de nitrógeno. El compuesto de nitrógeno del efluente tratado dominante debe probarse y refinarse, y deben examinarse posibles soluciones de proceso biológico para su tratamiento.*
- ❖ *Un examen profundo de la cuestión de la eliminación de fósforo. El requisito regulatorio es muy desafiante. Es posible que para cumplir con este requisito, se requiera un enfoque complejo que combine cambios estructurales en las instalaciones existentes para el desarrollo de un proceso biológico (PAO) apropiado y la activación de la matriz para la dosificación del coagulante.*
- ❖ *Siempre que la solución final para los efluentes sea el vertido al mar y no al riego, yo sugeriría estudiar la posibilidad de cambiar al método de desinfección mediante radiación UV. Esto evitará por completo cualquier impacto ambiental en el contexto de la liberación de desinfectante residual al medio ambiente y reducirá la manipulación de sustancias peligrosas por parte de los operadores de la instalación.*
- ❖ *Se debe garantizar que la planta funcione con base en un plan de mantenimiento anual regular y completo que aborde todas las necesidades y todos los tipos de instalaciones y equipos de la planta. Se debe garantizar que el mantenimiento de los equipos se realice de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes de los mismos.*
- ❖ *Se debe garantizar que exista un plan plurianual para realizar operaciones de mantenimiento complejas, como renovación, modernización y renovación de los sistemas de suministro de aire y de tratamiento de lodos.*

Vyacheslav (Slava) Shmulevich

4.1.7 Lamarque (Operador cooperativa de servicios local)

A continuación, se realiza una descripción general de PTLC de Lamarque, operada por la Cooperativa de Servicios de esa localidad, esta información fue provista por el DPA. También se presenta un estudio de laboratorio del año 2022, el cual se encuentra en los anexos.



Fig. 93

Esta planta cuenta con dos lagunas facultativas, además de un sistema de tres pequeñas lagunas exclusivamente para el aporte de descarga de atmosféricos y baños químicos donde el líquido limpio de ese sistema se bombea a las lagunas y una disposición final del líquido tratado sobre una cámara de contacto, con su sistema de aforo mediante un vertedero triangular a 90°.

El predio no cuenta con personal permanente en la planta ya que no se dispone en el predio de una sala para personal operativo, la Cooperativa prestadora del servicio dispone del personal del sistema cloacal para todas las actividades que demanda el sistema incluyendo la planta, que se encuentra en condiciones aceptables.

Según su responsable el predio sufre actos de vandalismo de manera permanente en los cuales se ha afectado la sala de cloración y el alambrado del cerco perimetral.

Desde la cooperativa se ha transmitido el problema importante como son los objetos que no degradables que los atmosféricos y los baños químicos acarrear, siendo este un tema general en todas las plantas.

La falta del cerco perimetral genera la mortandad permanente de perros que caen a las lagunas y no pueden salir, pero la realidad del vandalismo es tema de ocupación.

- ❖ Sistema de medición: vertedero de ángulo recto placa fina,
- ❖ Caudal de líquido producido invierno: 12.35 L/s
- ❖ Caudal de líquido producido verano: 16.88 L/s
- ❖ Cantidad de conexiones: 2900
- ❖ Sin proyecto de reúso a la fecha.
- ❖ Eficiencia del tratamiento, aceptable.
- ❖ Estado general aceptable.
- ❖ Sin Plan de trabajo, pero con personal del servicio encargándose continuamente de las tareas básicas.
- ❖ Hay vandalismo cada tanto en el predio y una de las razones es la falta de personal permanente.



Ilustración 63 Laguna facultativa

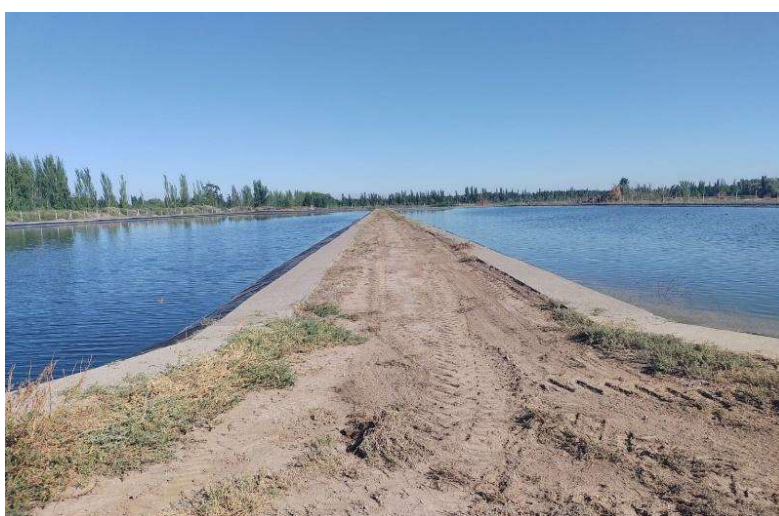


Ilustración 64 Laguna facultativa 1 y 2



Ilustración 65 Pileta de descarga del camión atmosférico. Fuente: DPA



Ilustración 66 Pretratamiento



Ilustración 67 Canaleta Parshall



Ilustración 68 Cámara de salida



Ilustración 69 Secado de pileta de barro

4.1.7.1 Comentarios y recomendaciones sobre la operación y mantenimiento de la PTLC de Lamarque

“El vandalismo y la delincuencia parecen ser el principal problema en este caso.

Se debe encontrar una manera de mejorar la cuestión de la seguridad y crear condiciones para la presencia permanente de los operadores en el lugar.

No hace falta decir que la falta de vigilancia y de vallado hace temer por la vida de las personas y los niños que pueden entrar en la planta, resultar heridos e incluso ahogarse. Aquí está el grave problema de la responsabilidad de las autoridades.

La Resolución de estos problemas es prioritaria frente a las observaciones sobre aspectos de operación y mantenimiento de esta planta, por lo tanto, las recomendaciones se orientan en dicho sentido”.

Vyacheslav (Slava) Shmulevich, abril 2024.

Recomendaciones e ideas:

- ❖ *Resolver los problemas de seguridad y vandalismo.*
- ❖ *Examinar el grado de acumulación de sedimentos en las lagunas e iniciar, si es necesario, una limpieza y evacuación de los sedimentos para restablecer la capacidad operativa de las lagunas a su estado original.*
- ❖ *Inspeccionar y reparar, si es necesario, las láminas de sellado.*
- ❖ *Se debe preparar un plan de mantenimiento regular para la instalación. La implementación del programa mantendrá la condición física de la instalación y conducirá a una mejora en la calidad del efluente producido.*
- ❖ *Es útil preparar un plan de monitoreo operativo para controlar la acumulación de sedimentos en las lagunas, las fluctuaciones de las concentraciones de oxígeno disuelto según la estación, la hora del día, la ubicación y la profundidad en la laguna. Un programa de este tipo mejorará la comprensión de los procesos de tratamiento y el control de calidad del efluente. También*

puede ser útil la incorporación de pruebas microscópicas para evaluar la diversidad de la población microbiana.

- ❖ *La medición continua de la carga hidráulica en la entrada de la instalación puede ayudar a comprender las condiciones de los procesos de tratamiento y el efecto de las cargas de choque sobre ellos.*
 - ❖ *Considerar la posibilidad de mejorar el rendimiento de las lagunas mediante la instalación de aireadores superficiales en las lagunas, convirtiendo estas lagunas facultativas en lagunas aireadas.*
 - ❖ *La activación del sistema de desinfección del efluente tratado ayudará a mejorar la cuestión de la seguridad sanitaria del efluente en términos de eliminación de microorganismos patógenos.*
 - ❖ *Con la mejora de la calidad del efluente, será posible considerar un uso local limitado para el riego de árboles.*
 - ❖ *Se debe promover un plan maestro para el desarrollo futuro de la instalación considerando las dificultades operativas existentes y las ampliaciones y mejoras requeridas.*
- Vyacheslav (Slava) Shmulevich, abril 2024.

4.1.8 Luis Beltrán (operador Cooperativa de servicios local)

A continuación, se realiza una descripción general de PTLC de Luis Beltrán, operada por la Cooperativa de Servicios de esa localidad, esta información fue provista por el DPA. También se presenta un estudio de laboratorio del año 2022, el cual se encuentra en los anexos.



Ilustración 70 PTLC de Luis Beltrán

La PTLC de Luis Beltrán, es un sistema de dos series de lagunas facultativas (primaria + secundaria + terciaria) donde se prevé reutilizar los efluentes tratados para riego. Se ha previsto un sistema de desinfección mediante hipoclorito de sodio en caso de que los efluentes del sistema de lagunas sean vertidos en el canal de drenaje lindero al sistema depurador.

A continuación, se detalla la dimensión de las lagunas y la calidad del efluente en término de DBO Total.

Tipo de Laguna

Dimensión Laguna en Planta	DBO Total afluente (mg/l)
Primaria 195,83 x 65,28	85,76
Secundaria 126,49 x 42,16	38,01
Terciaria 126,49 x 42,16	25,15

La planta fue inaugurada sobre fines del año 2022 cuenta con seis lagunas facultativas, y su cámara de contacto con su correspondiente aforo, además de su cámara para el tratamiento de los líquidos recibidos de los carros atmosféricos como así también baños químicos. También el predio cuenta con una sala para personal operativo equipada para tal fin.

Observaciones y datos del estado de la PTLC

- Durante una inspección en el mes de febrero se observaron varias situaciones por abandono del predio y su alrededor, se notificó mediante comunicación al prestador para cambiar la actitud y respondió inmediatamente, con la limpieza del lugar. Se observó además la falta de condiciones adecuadas del vertedero para chequear caudales en la cámara de contacto y la falta del tendido eléctrico hasta la entrada al predio.
- La planta antigua en desuso debería contar con un proyecto de recuperación ambiental del predio.
- Sistema de medición: vertedero de ángulo recto placa fina, sin medición a la fecha.
- Sin proyecto de reúso a la fecha.
- Cantidad de Conexiones: 2000
- Sin Plan de trabajo
- Debería proponérsele a la Cooperativa la forestación del total del perímetro del predio con arbustos para disponer de una cortina forestal, regada con agua tratada del proceso.



Ilustración 71 Laguna facultativas



Ilustración 72 pileta de descarga de camión atmosférico



Ilustración 73 Pretratamiento



Ilustración 74 salida de la planta

4.1.8.1 Comentarios sobre la operación y mantenimiento para la PTLC de Luis Beltrán por parte del experto de Mekorot

“Como se ha mencionado, en instalaciones de tratamiento extensivas, como las lagunas facultativas, es muy importante controlar la acumulación de sedimentos, lo que provoca una disminución de su volumen operativo, una reducción del tiempo real de retención hidráulica y, finalmente, un deterioro de la eficiencia del tratamiento.

El control de los sedimentos y lodos acumulados en las lagunas debe formar parte del programa de mantenimiento rutinario de instalaciones de este tipo.

Calidad de las aguas residuales crudas y del efluente tratado:

El informe muestra resultados de muestreos antiguos realizados en 2022 que probablemente no reflejen la situación actual, por lo que no tiene sentido hacer referencia a ellos. Solo señalaré que una instalación de tratamiento de aguas residuales debe tener un programa de muestreo regular y debe monitorearse su ejecución”.

Vyacheslav (Slava) Shmulevich, abril 2024.

Recomendaciones e ideas:

- ❖ *Se debe elaborar un plan de mantenimiento regular de la instalación. La implementación del programa mantendrá el estado físico adecuado de la instalación y conducirá a una mejora en la calidad del efluente producido.*
- ❖ *Es útil preparar un plan de monitoreo operativo para controlar la acumulación de sedimentos en las lagunas, las fluctuaciones de las concentraciones de oxígeno disuelto según la estación, la hora del día, la ubicación y la profundidad de la laguna. Un programa de este tipo mejorará la comprensión de los procesos de tratamiento y el control de calidad de los efluentes. La incorporación de pruebas microscópicas para evaluar la diversidad de la población microbiana también puede ser útil.*
- ❖ *La medición continua de la carga hidráulica en la entrada de la instalación puede ayudar a comprender las condiciones de los procesos de tratamiento y el efecto de las cargas de choque sobre ellos.*

- ❖ *La operación del sistema de desinfección del efluente tratado ayudará a mejorar la cuestión de la seguridad sanitaria del efluente en términos de eliminación de microorganismos patógenos, especialmente en términos de riego.*

Vyacheslav (Slava) Shmulevich, abril 2024.

4.2 Conclusiones sobre plantas de tratamiento de efluentes visitadas

4.2.1 Recomendaciones y conclusiones generales del experto

- **Prepararse para el futuro**

Como el calentamiento global afecta a muchos aspectos, incluida la disponibilidad de agua, no basta con recurrir a los enfoques tradicionales. Planificar para los próximos 20 años suponiendo que serán iguales a los 20 años anteriores no es suficiente para garantizar una gestión sostenible del agua; se necesitan medidas proactivas, como prever la reducción del caudal de los ríos y planificar el tratamiento del agua y las aguas residuales en consecuencia. La exploración de fuentes de agua alternativas y estrategias de conservación será crucial para la resiliencia a largo plazo. La planificación del sistema de agua y de los estándares de tratamiento de aguas residuales asumiendo un alto caudal y dilución permanentes por parte de los ríos es problemática en uno o más de los siguientes escenarios muy probables:

- ❖ Una reducción del caudal del río debido al calentamiento global
- ❖ Una reducción del caudal del río debido a represas o un uso excesivo aguas arriba
- ❖ Brote de una pandemia con efecto intestinal
- ❖ Contaminación del río por la industria
- ❖ Un cambio en las regulaciones locales
- ❖ El gobierno federal firma protocolos ambientales internacionales
- ❖ Demanda pública de mejora en el tratamiento del agua y las aguas residuales
- ❖ Demandas contra el regulador por mala praxis en el tratamiento de las aguas residuales y contaminación ambiental

- **Preparación para futuras regulaciones**

Las regulaciones en todo el mundo son cada vez más severas, y sin duda lo serán en Argentina.

- **Los efluentes de aguas residuales como recurso**

Reconocer los efluentes de aguas residuales como un recurso abre oportunidades para la reutilización del agua y la recuperación de recursos. Los efluentes tratados se pueden utilizar para el riego, los procesos industriales o incluso la generación de energía, lo que reduce la presión sobre las fuentes de agua dulce.

- **Desarrollo de normas para la reutilización de aguas residuales**

La expansión del uso de efluentes de aguas residuales para fines agrícolas debe ir acompañada del desarrollo e implementación de normas apropiadas para el uso de efluentes en diferentes niveles para el riego de diferentes cultivos agrícolas, tanto comestibles como no comestibles.

- **Incentivos para la reutilización de efluentes**

Ofrecer incentivos a los agricultores fomenta el uso beneficioso de los efluentes tratados. Los incentivos financieros promueven la colaboración y el uso sostenible del agua, promoviendo tanto la productividad agrícola como el tratamiento eficiente de las aguas residuales. Los incentivos pueden otorgarse en forma de subsidios, inversión en equipos o financiación directa.

- **Adopción de tecnologías modernas**

Adoptar tecnologías de vanguardia, como las Mejores Tecnologías Disponibles (MTD), mejora la eficacia del tratamiento y la utilización de los recursos. Incorporar métodos avanzados como el proceso biológico de lodos activados con la eliminación adecuada de materia orgánica y nutriente, la filtración y reutilización de efluentes para fines agrícolas y la recuperación de recursos puede optimizar el uso del agua y la energía, lo que conduce a una mayor eficiencia. Como todos sabemos, los proyectos en el sector del agua tardan años en concretarse y las mejores técnicas disponibles hoy en día son la práctica habitual del mañana.

- **Zonas de protección de pozos de agua dulce y fuentes de agua naturales**

La definición de una zona de protección alrededor de pozos de agua dulce protege las fuentes de agua subterránea de la contaminación, así como las proximidades de fuentes de agua naturales. En estas zonas, el uso de efluentes para riego debe estar limitado por ley. Esta práctica evita que los contaminantes entren en los acuíferos subterráneos y en las masas de agua superficiales y mantiene la calidad del suministro de agua potable. Una distancia adecuada de las posibles fuentes de contaminación es esencial para mantener la integridad de las fuentes de agua.

- **El mecanismo de supervisión**

Es importante que las autoridades implementen un sistema efectivo que incluya subvenciones y una supervisión rigurosa. Además, deben aplicar multas sanciones legales y administrativas a los operadores de plantas de tratamiento de aguas residuales que no las gestionen correctamente o no cumplan con los niveles de calidad de los efluentes establecidos por las leyes, causando contaminación ambiental.

- **Sistemas de mando y control modernos**

La adopción de sistemas de mando y control modernos basados en dispositivos de medición en línea adecuados mejora el funcionamiento y el rendimiento de las instalaciones.

La toma de muestras, el monitoreo remoto y el análisis de datos optimizan la eficiencia del proceso, minimizan los errores y garantizan intervenciones oportunas.

- **Medición de calidad en línea**

La medición de calidad en línea del agua cruda y tratada garantiza el cumplimiento de las normas regulatorias y la efectividad del tratamiento. El monitoreo en tiempo real de parámetros como la turbidez, la concentración de cloro residual y contaminante como el nitrato permiten ajustes inmediatos, manteniendo la calidad del efluente. El monitoreo en línea asegurará una desinfección adecuada del efluente asegurando una calidad bacteriológica segura.

- **Plan de mantenimiento**

El funcionamiento de cualquier instalación de tratamiento de aguas residuales, y especialmente las modernas como el lodo activado, debe basarse en un plan de operación y mantenimiento regular e integral, que consiste en un mecanismo de mantenimiento preventivo para evitar averías en los equipos, mantenimiento planificado en el contexto de trabajo pesado y la renovación de equipos desgastados, y para minimizar el componente de mantenimiento por averías en situaciones en las que las averías ya han tenido lugar y han causado daños a los procesos de tratamiento y la calidad del efluente, y finalmente, una contaminación ambiental.

- **Seguridad de la infraestructura de los sistemas de tratamientos y del personal**

Los hechos de vandalismo notificados en muchas ocasiones ante el Ente Regulador por los prestadores de los servicios de recolección y disposición de los efluentes cloacales se suceden frecuentemente en distintas localidades, ocasionando importantes inconvenientes en el funcionamiento de las plantas que conllevan a gastos económicos considerables que demoran otros desarrollos y mejoras de los sistemas. Este factor que fuera mencionado en varias situaciones se genera por la falta de presencia de personal de los concesionarios (casetas de control, personal afectado a las instalaciones, alarmas, cámaras, cercamiento, debida vigilancia) han sido en cierta forma uno de los motivos del estado general de algunas de las PTLC. Para el correcto funcionamiento de las plantas, se debe salvar esta situación primariamente contando con recursos de seguridad para el mantenimiento de las instalaciones y priorizando la seguridad del personal en todos los casos.