

*"Gestión Ambiental de Residuos
Cloacales en la ciudad de Caleta
Olivia"
Historia, presente y futuro*

Licenciado Javier Eduardo Berezosky
Director: Dra. Marcia Mazzuca



Agradecimientos:

Quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que formaron parte de este proyecto que decidí emprender destacando a la Directora de este Trabajo Final Dra.: Marcía Mazzuca por su apoyo, confianza y dedicación; a mis compañeros por compartir este maravilloso camino que es el del aprendizaje y compromiso por una tarea y especialmente compartirlo con mi familia por ser el eje que motiva para seguir adelante haciendo desde lo esencial el impulso para alcanzar mis logros. También quiero compartirlo con la gente de mi ciudad ya que pertenezco a la tercera generación de mi familia y mis abuelos como primeros pobladores quisieron forjar esta ciudad y asentar sus raíces, intentando hacer de ella un lugar apto para el desarrollo de las futuras generaciones.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	2
PROCEDIMIENTOS.....	5
<i>Tratamiento general de efluentes cloacales.....</i>	<i>5</i>
<i>Tratamiento de los efluentes cloacales en la ciudad de Caleta Olivia.....</i>	<i>10</i>
PRINCIPALES CONTAMINANTES.....	18
<i>Contaminantes en el proceso de tratamiento de efluente cloacales</i>	<i>18</i>
<i>Protección de los factores ambientales</i>	<i>21</i>
EFFECTOS	22
<i>Plantas de tratamiento</i>	<i>22</i>
<i>Emisarios submarinos</i>	<i>22</i>
<i>Afectaciones en el ejido urbano</i>	<i>23</i>
<i>Efectos de las aguas residuales para la salud</i>	<i>26</i>
<i>Efectos de la recarga artificial de acuíferos.....</i>	<i>26</i>
LEGISLACIÓN	27
<i>Nacional.....</i>	<i>27</i>
<i>Provincial y Municipal</i>	<i>29</i>
METODOLOGÍAS ANALÍTICAS.....	30
<i>Parámetros de calidad del efluente tratado</i>	<i>30</i>
<i>Parámetros de control de barros</i>	<i>36</i>
<i>Automatización y control de los parámetros fisicoquímicos.....</i>	<i>37</i>
TÉCNICAS APLICADAS AL ANÁLISIS FORENSE	38
<i>Herramientas Satelitales</i>	<i>38</i>
<i>Herramientas Gráficas</i>	<i>40</i>
<i>Técnicas isotópicas como complemento de la hidroquímica.....</i>	<i>43</i>

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

PROPUESTAS DE MEJORA	46
CONCLUSIONES.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	54

RESUMEN

El trabajo desarrollado describe el funcionamiento general a través de los procesos y técnicas asociadas a las plantas de tratamiento de efluentes cloacales haciendo mención especial a la planta de tratamiento localizada en la ciudad de Caleta Olivia. Para su realización, se recurrió a diferentes fuentes bibliográficas de índole científica y se realizaron diversas entrevistas a profesionales involucrados en la actividad lo que permitió relacionar aspectos teóricos con cuestiones experimentales de la práctica profesional.

De acuerdo a la investigación realizada la planta de tratamiento de efluentes de la ciudad de Caleta Olivia actualmente no se encuentra en funcionamiento por falta de mantenimiento de las instalaciones por lo que se pretende no solo, desde un aporte técnico, describir cómo sería el correcto funcionamiento de una instalación de estas características sino que también concientizar acerca de la importancia que conlleva el tratamiento de los residuos cloacales analizando las consecuencias ambientales asociadas a la ausencia del tratamiento, detallando la participación de diferentes contaminantes que producen efectos en el ambiente. De manera simultánea se describen técnicas utilizadas en química forense que pueden ser de utilidad durante el control de los efluentes tratados y/o en casos de contaminación asociados a la actividad. A través de un marco legal, se detallan las normativas asociadas a la actividad y la legislación a diferentes niveles- desde el nacional hasta el municipal-que complementan la actividad.

Por último, se pretende contribuir con una solución sobre la problemática del tratamiento de los efluentes cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, brindando posibles alternativas en base a modelos que han funcionado en otras ciudades. Es importante reconocer como prioridad el problema ambiental para que sumado a un acompañamiento de diferentes políticas se contribuya a la solución del mismo.

INTRODUCCION

El creciente deterioro de nuestro medio ambiente es un problema que nos concierne a todos. En especial, el ensuciamiento de nuestras aguas se ha incrementado notablemente en los últimos años.¹ Paradójicamente en el sur de América se establecen leyes, cada vez más exigentes con respecto a la calidad de las aguas depuradas.²

El mar es el medio receptor de las aguas cloacales tratadas. Existen las llamadas tuberías de descarga denominadas emisarios submarinos que tienen por objetivo proteger las zonas costeras de los posibles efectos adversos de una descarga cloacal. En toda descarga a un cuerpo de agua, existe una zona, llamada zona de mezcla, donde el efluente entra en contacto con las aguas receptoras y en la que puede haber efectos adversos localizados. De aquí surge la importancia en cuanto a la eficiencia del tratamiento ya que debe considerarse que la capacidad de renovación de los cuerpos de agua es finita.³

Las aguas residuales cloacales están compuestas por el desecho de tres grupos principales: a) *aguas de uso doméstico*: que son las que se utilizan para el aseo personal, en la cocina y para limpieza; b) *residuos humanos*: que son las que transportan materia fecal y orina hacia las cloacas y c) *residuos no domiciliarios*: provenientes de actividades industriales, comerciales y de servicios. Este último contiene la mayor carga de contaminación por lo que suele exigirse un pre tratamiento de las aguas que se vuelcan a la red cloacal (principalmente a las industrias), que en muchos casos no se cumple o es ineficiente.⁴

En el caso de los residuos humanos, el tratamiento de aguas residuales cloacales en una ciudad consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes en el agua efluente del uso humano para producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reutilización.

Son varios los parámetros químicos de interés a la hora de establecer la calidad del agua depurada, en particular: la *demanda bioquímica de oxígeno (DBO)*, la *demanda química de oxígeno (DQO)*, *nitrógeno (N)* y *fósforo (P)*. También son importantes en esta temática, los parámetros bacteriológicos.¹

La ciudad de Caleta Olivia se encuentra ubicada al Noreste de la Provincia de Santa Cruz. Perteneció al Departamento Deseado, sobre la costa del Golfo San Jorge, en el paralelo 46°30' de longitud sur y 67°30' de longitud oeste de Greenwich. Se halla a 79 km al Sur de Comodoro Rivadavia, 866 km al Norte de la ciudad capital Río Gallegos y a 1910 km de la ciudad de Buenos Aires. El ejido urbano cubre una extensión aproximada de 5 km de Norte a Sur y de 3,5 km de Este a Oeste (**Figura 1**).

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro



Figura 1. Ubicación de la ciudad de Caleta Olivia.

Fuente: Google Earth 2018.

Caleta Olivia es la segunda ciudad provincial en cantidad de habitantes. El atractivo paisajístico más importante lo constituye su costa, ya que la entrada a la provincia se realiza bordeando la misma, donde se encuentran grandes acantilados, playas de arena fina y canto rodado.⁵

Su fecha fundacional, aunque existe cierto disenso al respecto, fue establecida el 20 de noviembre de 1901, momento en el cual se instaló la oficina telegráfica de la actual Caleta Olivia. No obstante, ello, su desarrollo como ciudad se debe fundamentalmente a los recursos petroleros que comparte con Comodoro Rivadavia en la Cuenca petrolera del Golfo San Jorge. Este recurso es el que le dio sustento básico a la ciudad de modo de constituir la segunda ciudad provincial en peso demográfico además de centralizar en la actualidad los servicios urbanos y socioeconómicos de la Zona Norte de la provincia.

La complejidad de su función urbana ha dado por resultado el crecimiento de ciudades satélites o próximas ligadas a la actividad petrolera de la cuenca tal es el caso de Cañadón Seco, Las Heras, el yacimiento de Los Perales y Pico Truncado.

Su situación costera le brinda la posibilidad de realizar funciones estratégicas y de apoyo a dicha actividad, tal es el caso de la playa de tanques de crudo, la mono boya y la instalación del Puerto de Caleta Paula.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

El incremento de la actividad petrolera y su consecuente oferta laboral ha determinado un crecimiento sostenido de la población en estos últimos años, tendencia que sigue manteniéndose en la actualidad.⁶

Servicios Públicos del Estado (SPE), es un organismo perteneciente al ámbito Provincial que tiene por objeto proveer los servicios de agua potable y saneamiento de efluentes cloacales en la Ciudad de Caleta Olivia.

El sistema de tratamiento de efluentes cloacales propuesto por SPE, tiene como objetivo principal mejorar la calidad de los efluentes que son volcados al mar y permitir el aprovechamiento de las cualidades auto-depuradoras del cuerpo receptor para degradar fácilmente los efluentes tratados mediante una mayor difusión más alejada de la costa.

En el mes de octubre del año 2004 se inauguró la planta de residuos cloacales de la localidad la cual consistía en el tratamiento de los residuos de origen cloacal a través de una sofisticada tecnología asociada a bajos niveles de consumos energéticos y a un eficiente grado de mezcla y aireación, brindando a la población un tratamiento acorde a las necesidades propias en cuanto a la salud y cuidado del medio ambiente. La planta fue instalada por la empresa Carbox en un predio desolado ubicado en el extremo Sur-Este de la localidad.⁷

La capacidad de tratamiento y depuración del efluente tratado fue totalmente eficiente contando con una tecnología de última generación para la época.

Desde al año 2013 la planta de tratamiento se encuentra fuera de funcionamiento a razón de falta de mantenimiento, por cuestiones económicas, de estaciones elevadoras, cambio de infusiones (filtros) y compra de compresores, sumada a esta situación un desmedido aumento considerable de población que supero la capacidad de tratamiento de la instalación.⁸

La ausencia completa de tratamiento en aguas superficiales afecta el posterior uso de estas últimas. El volcado de estos residuos en aguas destinadas a recreación representa un potencial foco de contaminación para la comunidad.

Para el desarrollo de este trabajo se tomó como punto de referencia la planta de tratamiento de la ciudad santacruceña de Caleta Olivia. Para su realización, se recurrió a diferentes fuentes bibliográficas de índole científica y se realizaron diversas entrevistas a profesionales involucrados en la actividad lo que permitió relacionar aspectos teóricos con cuestiones experimentales de la práctica profesional.

Aunque actualmente esta planta no se encuentra en funcionamiento- situación que se repite también en las ciudades del franco sur de la provincia de Chubut como ser Comodoro Rivadavia y Rada Tilly- se pretende desde un aporte técnico, describir como sería el correcto funcionamiento de una instalación de estas características, pero también concientizar acerca de la importancia que

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

conlleva el tratamiento de los residuos cloacales. La importancia no solo tiene que ver con el aprovechamiento del mismo para su reutilización, sino que también se considera necesario concientizar sobre el foco contaminante que genera la ausencia de tratamiento, las consecuencias que tiene en el medio ambiente y la afectación a la salud de los habitantes de la ciudad.

Sería importante que a través de una educación ambiental los sectores de nuestra sociedad tomen conocimiento cabal de los riesgos de exposición para la salud y ambiente a los cuales están sujetos sin un tratamiento previo de los residuos cloacales generados.⁹ También debe ser prioridad que en los diferentes niveles de decisión política se implementen herramientas para la descontaminación de los recursos superficiales del agua.¹⁰

Se necesita de la toma de decisiones políticas y económicas para iniciar la transformación de la situación actual que atraviesa la ciudad y poder así brindar un ambiente sano.

PROCEDIMIENTOS

La cantidad y calidad de los efluentes líquidos domiciliarios e industriales generados están determinadas por la conducta, estilo y estándar de vida de los habitantes del lugar, así como por el marco técnico-legal de incumbencia, por lo tanto, la composición de los efluentes líquidos domiciliarios variaría de una localidad a otra.¹¹ El conocimiento de la composición y cantidad de los líquidos residuales que se generan en una localidad, es una información necesaria para dimensionar la red de desagües cloacales y la planta de tratamiento asociada.

El diseño de la red de desagüe afecta significativamente la composición de los efluentes líquidos transportados. En muchos países se utilizan redes de desagües tipos “separativo”, en donde los líquidos pluviales se conducen en forma independiente por canales o cañerías, mientras que, en áreas urbanas antiguas, las redes de desagüe son del tipo “unitario” y se mezclan. En una localidad dada, la concentración de los distintos componentes en los efluentes líquidos fluctuará con el tiempo.¹²

A continuación, se detallarán los procesos generales vigentes que involucran el tratamiento de efluentes cloacales para luego especificar sobre el que fue utilizado en la ciudad de Caleta Olivia.

Tratamiento general

Una planta de tratamiento es una instalación donde el agua residual es sometida a un proceso en el cual, por combinación de diversos tratamientos físicos, químicos y/o biológicos, se consigue eliminar, en primer lugar, la materia en suspensión sedimentable y no sedimentable (sustancias coloidales) y, finalmente, las sustancias disueltas.

Se debe localizar un lugar adecuado para instalarla, normalmente aguas abajo de la población y cercana al río o al mar.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

Para el tratamiento del agua residual se han establecido diversas técnicas que corresponden a una serie de operaciones y procesos unitarios que pueden clasificarse de la siguiente manera:

- a) **Pre tratamiento.**
- b) **Tratamiento primario.**
- c) **Tratamiento secundario.**
- d) **Tratamiento terciario.**

El orden representa el recorrido del agua en una planta de tratamiento (**Figura 2**).

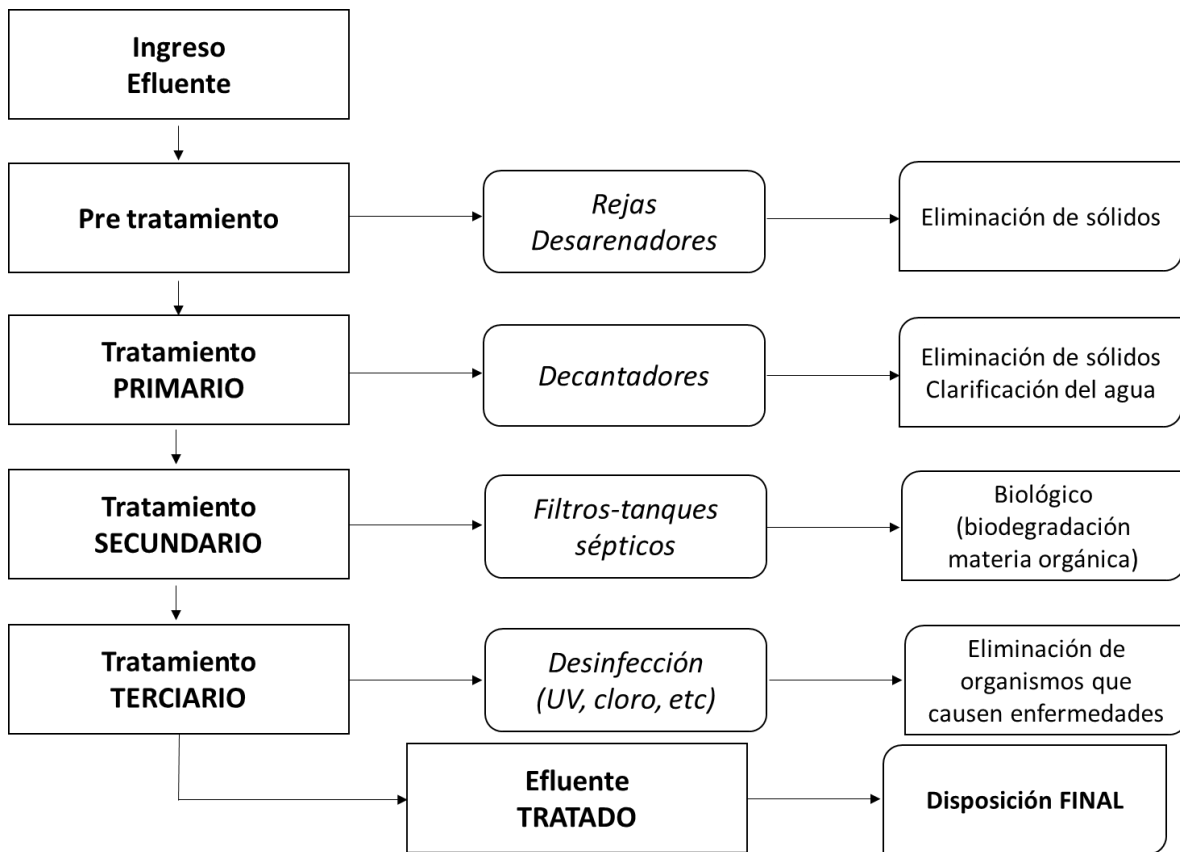


Figura 2. **Tratamiento general de efluentes.**

Fuente: Autoría personal.

Tanto en el pre tratamiento como en el tratamiento primario se utilizan operaciones básicamente de carácter físico, cuyo objetivo principal es la separación de los materiales sólidos que se arrastran, y dejar el agua en condiciones idóneas para el tratamiento secundario, si procede.

Pre tratamiento

En el pretratamiento se utilizan generalmente operaciones de carácter mecánico:

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

- **Desbaste:** se eliminan los componentes más gruesos que arrastra el agua a tratar. En este proceso se utilizan rejas para separar objetos de gran tamaño: maderas, piedras, plásticos, entre otros, que hayan sido arrastrados por el agua.
- **Dilaceración:** se emplea en el caso de querer triturar materiales de un cierto tamaño para su posterior incorporación al proceso. Es una técnica poco usual.
- **Tamizado:** se eliminan materias de menor tamaño en suspensión.
- **Desarenado:** normalmente coincide con el desengrasado, donde se eliminan las arenas y las grasas transportadas por las aguas residuales.
- **Homogeneización:** se efectúa para amortiguar las variaciones diarias de caudal y carga contaminante. Sólo se aplica cuando la calidad de las aguas es muy variable.
- **Neutralización:** en el caso de vertidos industriales, para situar el pH dentro de los límites recomendados para el crecimiento bacteriano.⁸

Tratamiento primario

El tratamiento primario se realiza en los decantadores, recintos de forma circular o rectangular por donde circula el agua residual a baja velocidad, formando un flujo radial o longitudinal, respectivamente. Las partículas más pesadas que el agua sedimentan en el fondo por la fuerza de la gravedad y, simultáneamente, las menos pesadas flotan en la superficie.

Los decantadores de forma circular ocupan mayor espacio, si bien son los más habituales porque los equipos electromecánicos necesarios para evacuar los fangos sedimentados y las materias flotantes son mucho más sencillos. Por ello, normalmente, los de forma rectangular sólo se aplican cuando existe poco espacio disponible.

La velocidad ascensional para las aguas domésticas en los decantadores convencionales es aproximadamente de 1 m/h, y la reducción de las materias en suspensión y de la DQO es del 75% y el 30%, respectivamente. Para las aguas residuales industriales los rendimientos se corresponden con las características específicas de cada caso.

Normalmente, en las aguas residuales urbanas no se adicionan productos químicos para favorecer la decantación; sin embargo, cuando se producen sobrecargas o reciben efluentes industriales, puede ser necesaria la adición de coagulantes y/o floculantes para mejorar los rendimientos en la desestabilización de la materia coloidal.

Finalmente, parte del caudal a tratar se deriva hacia los equipos de flotación y se somete a aire a una presión de alrededor de 5 bar. A continuación, esta agua presurizada es introducida en un recinto abierto donde se reúne nuevamente con el resto del caudal. En este momento se produce la despresurización del agua, produciendo una gran cantidad de microburbujas de aire que al ascender arrastran las partículas de sólidos y forman una nata en la superficie del agua, que es retirada automáticamente por medios mecánicos. A la vez, el agua queda clarificada.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

Para favorecer la flotación es usual la adición de coagulantes y/o floculantes. El rendimiento suele ser próximo al 90% en la eliminación de las materias en suspensión. Las velocidades ascensionales (relación caudal/superficie) suelen ser del orden de unas cinco veces mayores que la de los decantadores convencionales.⁸

Sistema de Dilución. El Sistema de tratamiento por dilución de efluentes cloacales (STDB), tiene como objetivo principal mejorar la calidad de los efluentes que son volcados al mar y permitir el aprovechamiento de las cualidades auto depuradoras del cuerpo receptor de la Planta para degradar fácilmente los efluentes tratados mediante una mayor difusión más alejada de la costa.

Este sistema se compone de una planta de pre tratamiento de los efluentes cloacales, en dónde básicamente se retienen los sólidos que el mismo contiene (arenas y grasas), y un emisario submarino que mediante difusores dispone el líquido tratado en un cuerpo receptor con capacidad para degradarlo y asimilarlo en tiempos adecuados (capacidad de autodepuración). Los sistemas de tratamiento de efluentes cloacales por dilución en un cuerpo receptor, están ampliamente difundidos en ciudades costeras y avalados por especialistas.⁴

Tratamiento secundario

El tratamiento secundario se considera el más importante de todo el proceso depurativo. Su funcionamiento está basado en la capacidad de los microorganismos para biodegradar la materia orgánica no decantada (soluble y coloidal). El proceso biológico más usual es el de tipo aerobio, por lo que todos los sistemas aplicados son variantes de la utilización de tres componentes: aire, agua residual y masa biológica, donde uno de ellos se mueve en el seno de los otros dos:

a) **Fangos activados.** El aire (u oxígeno) es introducido en la masa de agua y fango activado en suspensión. Es un proceso que consiste en la producción de una masa activada de microorganismos capaz de estabilizar un residuo por vía aerobia.⁸

Barro activado convencional. En general el barro activado convencional se diseña con un tiempo de retención celular promedio para los microorganismos entre 3 y 15 días de permanencia. Este valor de tiempo se corresponde con un tiempo de residencia de los líquidos entre 4 y 8 horas para líquido cloacal doméstico si la concentración de sólidos suspendidos del líquido mezcla es de alrededor de 2000 mg/L. La recirculación generalmente oscila entre el 10 y el 30% del caudal de la alimentación y el barro de purga puede provenir tanto de la línea de recirculación como de la cámara de aireación.⁴

b) **Biofiltros o filtros percoladores.** El agua riega y fluye a través un soporte inmóvil, generalmente de plástico, en cuya superficie se halla fijada una película biológica; el aire circula por el espacio intersticial que queda libre.

c) **Biodiscos o biocilindros.** La masa biológica anclada en superficies de plástico, que conforman un cuerpo en forma externa de cilindro horizontal, gira semisumergida en un depósito que contiene el agua residual.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

d) **Lechos.** Pueden ser fluidizados o inundados y en ellos existe una masa en suspensión o sumergida, respectivamente, que aumenta la densidad de la masa biológica. El aire es introducido por el fondo.⁸

Lagunas de estabilización. Son grandes tanques excavados en la tierra, aisladas, de profundidad reducida, generalmente menores a los 5 metros, diseñados para el tratamiento de aguas residuales, por medio de la interacción de la biomasa (algas, bacterias, protozoarios, etc.), la materia orgánica del desecho y otros procesos naturales tales como factores físicos, químicos y meteorológicos.

Lagunas aeróbicas. Son sistemas de gran extensión y muy poca profundidad, alrededor de 0,5 m, que presentan una alta concentración de algas y de oxígeno disuelto en su totalidad. En general se utilizan al final de un tren de tratamiento que incluye lagunas anaeróbicas y facultativas y el objetivo principal es lograr la remoción de organismos patógenos y sólidos en suspensión.

El nitrógeno es considerado un elemento importante en las aguas cloacales ya que es necesario para el crecimiento de los microorganismos. Si el agua cloacal no contiene suficiente nitrógeno pueden ocurrir problemas por deficiencia de nutrientes durante el crecimiento secundario, es por ésta razón que no debe ser eliminado del efluente tratado. En las aguas cloacales el nitrógeno se encuentra en las siguientes formas básicas: amonio, nitritos y nitratos. Si las aguas cloacales son frescas se encuentra en forma de urea y compuestos proteínicos, descomponiéndose posteriormente a la forma amoniacal por acción bacteriana. A medida que el residuo cloacal se estabiliza por oxidación bacteriana se generan nitritos y posteriormente nitratos. El nitrógeno total es la consecuencia de la sumatoria del nitrógeno orgánico, amonio, nitritos y nitratos.

Al igual que el nitrógeno, el fósforo es un elemento importante para el desarrollo de microorganismos. En el efluente cloacal el fósforo se encuentra en tres formas: ortofosfatos solubles, polifosfatos inorgánicos y fosfatos orgánicos. El ortofosfato es la forma más fácilmente asimilable por los microorganismos y se utiliza como un parámetro de control en los procesos biológicos de eliminación del fósforo. El fósforo total representa la sumatoria de las tres formas de fósforo.

Remoción de organismos patógenos. El efluente del filtro aeróbico empacado con un medio filtrante plástico, es recirculado mediante una bomba al tanque séptico. Se lo usa para remover organismos patógenos. Está compuesto por un lecho de material poroso (piedras, escoria, anillos plásticos) o cualquier relleno que tenga una gran área superficial y alta permeabilidad. El efluente es distribuido por arriba y se forma una fina biopelícula aeróbica sobre el relleno y es colectado en el fondo a través del drenaje. Una porción del efluente filtrado, igual al caudal afluente, es descargado para su posterior infiltración. Para obtener una nitrificación total (mayor al 85%), el filtro de película fina no debe cargarse por encima de 3 a 6 g DBO/m³ por día o 6 a 12 g DBO/m³ por día, para piedra y rellenos plásticos respectivamente.⁸

Tratamiento terciario

Los procesos terciarios son aquellos tratamientos adicionales de afino que se realizan principalmente en el caso de una posterior reutilización del agua tratada, o cuando el medio receptor es sensible al vertido.⁸

Desinfección. La finalidad de la desinfección es la destrucción de los organismos que causan enfermedades. En el campo de las aguas residuales, las tres categorías de organismos entéricos que causan enfermedades son las bacterias, los virus y los quistes amebianos. Para determinar la eficiencia de la desinfección se utilizan organismos indicadores (coliformes) cuya eliminación se considera indicativa de que todos los organismos han muerto. La desinfección puede realizarse por métodos físicos (rayos ultravioletas, calor) o químicos (hipoclorito de sodio, ácido hipocloroso, dióxido de cloro, cloro gaseoso, ozono).⁴

Una vez iniciado el tratamiento deberán tomarse un conjunto de medidas, las cuales conforman el llamado Plan de Gestión Ambiental (PGA) del Proyecto. Dicho plan involucra evaluar e identificar los impactos negativos que pueden ser generados del tratamiento, definir las medidas de prevención, control y mitigación que deberán adoptarse para controlar y reducir al máximo los efectos. Para la implementación del PGA se recomienda establecer claramente, en el ámbito organizativo, las funciones y responsabilidades de cada actor involucrado.

El PGA deberá constar de los siguientes programas:

Programa de prevención: medidas de protección del medio natural, la calidad de la vida las personas, gestión de residuos, etc.

Programa de monitoreo: medidas de monitoreo de indicadores ambientales que permitan evaluar el comportamiento de los diferentes factores ambientales.

Programa de mitigación: medidas correctivas de las acciones que provocan impactos y medidas tendientes a minimizar los mismos.

Programa de contingencias: respuestas específicas a imprevistos y siniestros producidos por factores naturales o accidentales.

Programa de capacitación: capacitación para los operarios sobre las gestiones ambientales de las instalaciones¹⁰.

Tratamiento de los efluentes en la ciudad de Caleta Olivia

La Planta de tratamiento de líquidos cloacales de Caleta Olivia (**Figura 3 y 4**), inaugurada en octubre del año 2004 se encuentra ubicada en el extremo Sur-Este de la ciudad a Caleta Olivia. En sus inicios fue diseñada para una población total de 49.457 habitantes¹³ donde posteriormente, según el

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

último censo del año 2010, la población aumentó a 51.733 habitantes¹⁴, cantidad, que en la actualidad se ve superada ampliamente ya que se estima una población de 80.000 habitantes aproximadamente.

La planta de tratamiento contaba con innovación tecnológica de la época y también presentaba un procedimiento de tratamiento avanzado y de alto rendimiento.

Las bases del diseño se muestran en la **Tabla 1**.

Consumo diario	281 L/día
Carga unitaria	60 g DBO/día
Caudal diario	13.897 m ³ /día
Caudal normal	579 m ³ /h
Caudal pico	1.158 m ³ /día
DBO promedio de entrada	214 mg/L DBO
Cantidad de horas de aporte cloacal	24 h
Concentración DBO ingresante	214 mg/L
Concentración de cálculo de DBO saliente	18 mg/L
Concentración máxima de DBO saliente	50 mg/L
Carga DBO saliente diaria	695 kg DBO/día
Eficiencia de remoción de DBO	77 %
Volumen diario	13.897 m ³

Tabla 1. Bases del diseño de la planta de tratamiento.

Fuente: AIDIS, 2004.

Imagen satelital de la ciudad de Caleta Olivia donde se observa la ubicación de la planta de tratamiento de efluentes cloacales.



Figura 3. Localización de la planta de tratamiento y emisario submarino en la costa de Caleta Olivia.

Fuente: Google Earth, 2018.



Figura 4. Vista aérea de la planta de tratamiento.

Fuente: Google maps, 2018.

Actualmente la planta de tratamiento se encuentra fuera de servicio por problemas económicos asociados al mantenimiento de las instalaciones. A continuación, se detalla su funcionamiento mientras perduró su actividad.

El ingreso del líquido a depurar llegaba de los diferentes barrios a través de dos bombas receptoras donde luego por efecto de la gravedad se lo elevaba a la planta depuradora. A continuación, se detalla el funcionamiento de la misma hasta el año 2013. En sus inicios las etapas del tratamiento de la planta de Caleta Olivia fueron las siguientes: 1) *Tratamiento primario por rejas mecánicas*, 2) *Medición de caudal*, 3) *Oxidación biológica en la cámara de aireación*, 4) *Sedimentación en sedimentador secundario con recirculación de lodos*, 5) *Cloración de efluente tratado*, 6) *Purga de lodos* y 7) *Acumulación y disposición de lodo*. (Figura 5).⁷

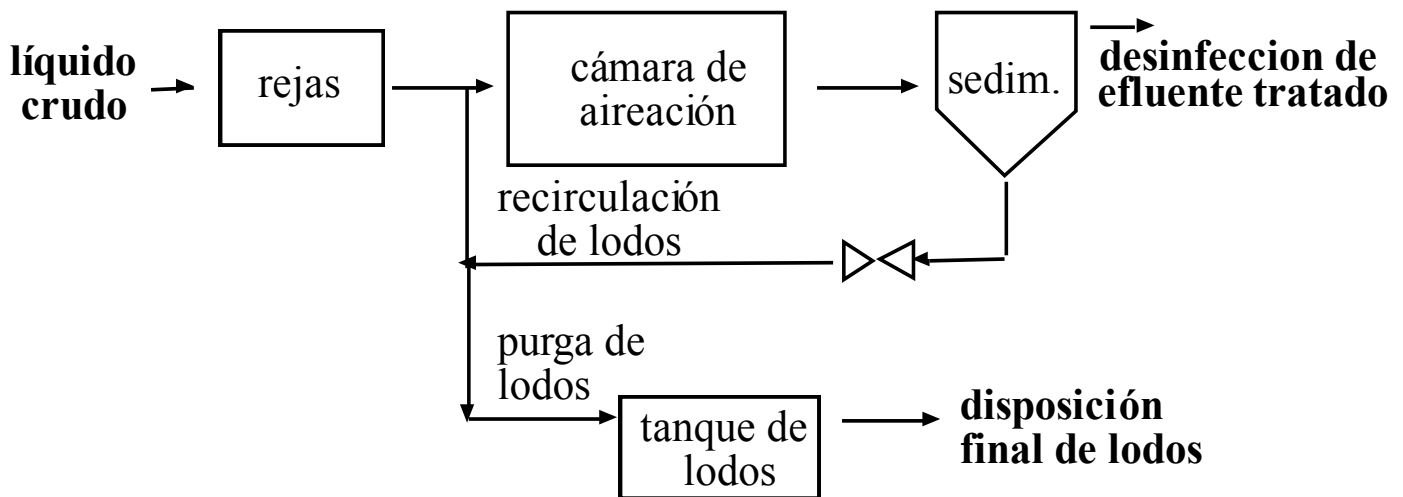


Figura 5. Diagrama de flujo de la etapa biológica y el manejo de lodos en la planta de barros activados.

Fuente. Carbox S.A Ingeniería de Proceso, 2004.

El diagrama de flujo de la planta se muestra en la **Figura 6**.

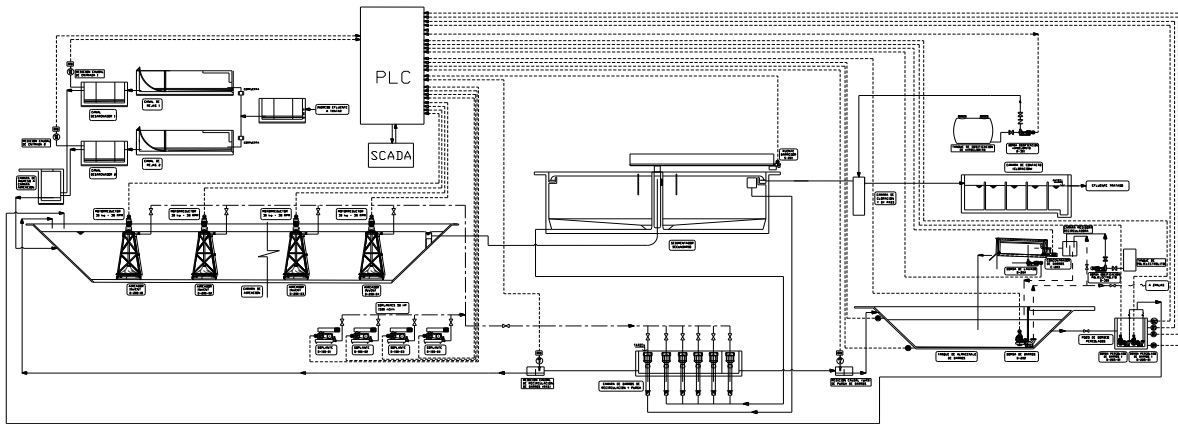


Figura 6. Diagrama de flujo de la planta de tratamiento de la ciudad de Caleta Olivia.

Fuente: Empresa Carbox, 2004.

La planta de tratamiento contaba con un canal de entrada, que se dividía en dos compuertas por medio de las cuales se accedía a dos rejas de retención de sólidos (**Figura 7a**). Inmediatamente después se llegaba a los canales desarenadores y de allí se ingresaba a una pileta de aireación, donde se insuflaba aire por dispersores Roots a través de cuatro equipos de tipo dispersores de baja velocidad (Hiperboloides) (**Figura 7b**).



Figura 7a. Rejas de retención de sólidos.

Fuente: Fotografía con autorización de SPE, 2004.



Figura 7b. Pileta de aireación con Hiperboloides.

Fuente: Fotografía con autorización de SPE, 2004.

Desde la cámara de aireación se ingresaba al sedimentador secundario con barredor de tracción perimetral, con vertedero, tolva de espuma y barredor de superficie de fondo (**Figura 7c**). Los barros de fondo eran extraídos por medio de 5 bombas neumáticas (air lifts) de caudal regulable (**Figura 7d**). El caudal reciclado (RAS) se medía continuamente por medio de sensores ultrasónicos a través

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

de vertederos y fluía por gravedad hacia una cañería, donde luego eran recirculados a la pileta de aireación. El caudal purgado (WAS) se medía continuamente por medio de otro sensor ultrasónico en un vertedero, desde donde se dirigía hacia el tanque de lodos. Por su parte, el líquido tratado saliente de la superficie del sedimentador se dirigía hacia la cámara de cloración, donde se agregaba hipoclorito de sodio almacenado en un tanque de 6.000 litros, por medio de una bomba dosadora accionada automáticamente con caudal variable de acuerdo al caudal circulante del efluente (**Figura 7e**).¹³



Figura 7c. Sedimentador secundario con barredores.
Fuente: Fotografía con autorización de SPE, 2004.



Figura 7d. Bombas neumáticas de recirculo de barros.
Fuente: Fotografía con autorización de SPE, 2004.



Figura 7e. Tanque de desinfección.
Fuente: Fotografía con autorización de SPE, 2004.

Las características de los hiperboloides se muestran a continuación **Tabla 2**.

Diámetro	2.500 mm
Velocidad	40 rpm
Consumo	26 kw
A: relación de oxígeno transferido en efluente al transferirlo en agua limpia	0,8

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

B: relación de la solubilidad de oxígeno en efluente a la solubilidad en agua limpia	0,95
Cantidad de aire requerida por equipo AOR	1.193 Nm ³ /h
Cantidad de aire requerida total para reactor	4.772 Nm ³ /h
Cantidad de aire requerida por equipo Standard	1.280 Sm ³ /h
Cantidad de aire requerida total Standard	5.120 Sm ³ /h
Contrapresión	460 mbar
Potencia instalada	30 kw
Potencia consumida	91 HP
Potencia mezcla	140 HP
Potencia total	231 HP
Corriente nominal	440 V 49 A
Potencia de reserva	20 %
Velocidad en el fondo del tanque	> 15 cm/s
Peso total aproximado	1.100 kg

Tabla 2. Características de los equipos hiperboloides instalados en planta de tratamiento Caleta Olivia.

Fuente: AIDIS, 2004.

Los caudales que superaban el caudal pico aceptado por el sedimentador secundario, eran derivados, a través de un vertedero de desborde a las lagunas de tratamiento existentes. Los barros excedentes purgados hacia el digestor eran espesados en un filtro concentrador rotativo (**Figura 8**), donde el líquido que percolaba era enviado nuevamente a la cabeza del tratamiento. Luego los barros eran aplicados en tierra, para lograr después de los periodos establecidos, un suelo libre de patógenos y de atracción de vectores, en el cual se generaban viveros de especies forestales.¹³



Figura 8: **Espesador rotatorio.**

Fuente. Foto personal, 2004.

El proceso de barros activados requería elementos capaces de proveer agitación y aireación, manteniendo los sólidos del tanque en suspensión, de manera de optimizar el contacto entre los microorganismos, el material orgánico disuelto y el oxígeno. El objetivo era distribuir los flóculos (flocs) de barros activados en la forma más homogénea posible y evitar zonas muertas en el reactor aeróbico. Se evitaba la sedimentación de los flocs generando el máximo flujo, la energía debía estar concentrada preferentemente en el fondo del reactor.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

Tomando en cuenta las condiciones macro del flujo, para lograr una distribución homogénea, era suficiente agitar el volumen del tanque de modo uniforme.

Los agitadores en los procesos de mezcla y aireación están separados y se distinguían por las siguientes ventajas:

Agitación

.Adecuada homogenización del contenido de todo el tanque.

.Ausencia de sedimentación

.Imposibilidad de taponamiento por material sólido.

.Bajo consumo de energía

Aireación

.Óptimo tamaño de partícula.

.Segura estabilización contra olores

.Alta eficiencia de transferencia de oxígeno.

.Buena regulabilidad.

Para evitar la sedimentación de los flocs biológicos en el tanque de aireación, se debía mantener una mínima velocidad en el fondo del tanque. Para lograr un eficiente contacto entre el material ingresante y la biomasa, debía ser posible, además, agitar el contenido total del tanque en el menor tiempo posible. También en este aspecto se concluía la ventaja de grandes diámetros rotando a bajas revoluciones sobre agitadores pequeños girando a altas velocidades, los cuales necesitaban más potencia para lograr la misma mezcla. Existía una zona crítica de bajo nivel de mezcla en los reactores rectangulares o circulares de barros activados, en las zonas laterales del reactor, donde se encontraban los flujos horizontales y verticales. Tomando en consideración posibles fluctuaciones en la densidad, la aplicación de velocidades de fondo mayor a 15 cm/s eran completamente adecuadas.

Es importante destacar que no era recomendable dimensionar el requerimiento de mezcla únicamente en base a la potencia instalada, ya que esto no podía garantizar velocidades de fondo. La potencia requerida dependía del sistema de agitación y del tipo de generación del flujo.

Siguiendo las consideraciones precedentes, surgía una innovadora tecnología de mezcla que revolucionaría los conceptos tradicionales que presentaba ventajas distintivas sobre los productos existentes en el mercado. Se trataba del sistema de mezcla y aireación hiperboloide (**Figura 9**). El uso de hiperboloides era ventajoso en los procesos de barros activados que contenían fluidos de baja viscosidad y microorganismos. Los mezcladores hiperboloides podían sostener un flujo que

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

proveía un adecuado grado de mezcla y aireación, protegiendo la integridad del floc biológico. Requería mínima energía para mantenerse en rotación.⁸

En la **Figura 10** se observa que la zona superior del equipo acompañaba la forma de flujo radial que se producía en la masa global del licor mezcla. Al sostener la completa circulación del líquido, no se producía interrupción de la superficie del agua, con lo cual se evitaba la liberación de olores y la producción de aerosoles, que podían afectar la salud de los operadores. Por otra parte, el flujo tangencial favorecía que los microorganismos puedan entrar en contacto con los sustratos (materia orgánica y oxígeno), pero la estructura del floc biológico no es dañada.



Figura 9. HYPERCLASSIC.

Fuente: AIDIS, 2004.

La capacidad de aireación contemplaba la carga máxima. El aire se conducía al reactor a través de los equipos hiperboloides (**Figura 10**).¹³

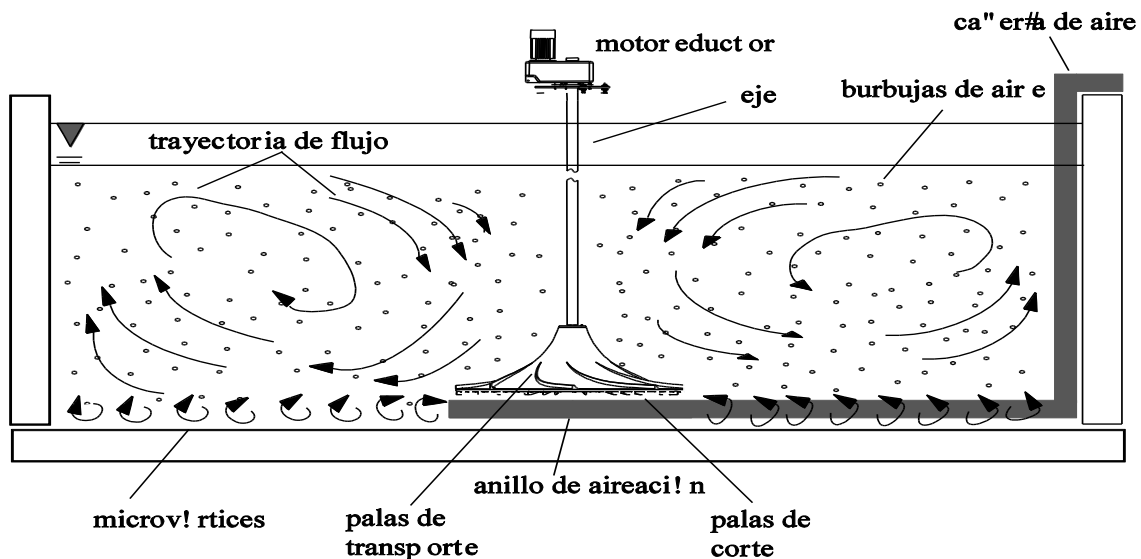


Figura 10. Diagrama del flujo de líquido para un mezclador/aireador hiperboloide.

Fuente: AIDIS, 2004.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

El aire proveniente de los soplantes tipo Roots, era introducido en el reactor a través de una cañería instalada por debajo del cuerpo del agitador. Se producían burbujas con un tamaño óptimo entre 1,5 a 3 mm, por la acción combinada de la insuflación de aire bajo el agitador en rotación y la acción de corte de las palas inferiores de la turbina. El movimiento inducido por dichas palas de transporte, distribuían las burbujas a través de todo el volumen del reactor favoreciendo la transferencia de oxígeno a la masa líquida.

El reactor aeróbico consistía en una laguna con taludes laterales de 100 metros de ancho por 27 metros de largo, con una profundidad de 4,5 metros al pelo de agua. El volumen era de 9.133 m^3 .¹³

PRINCIPALES CONTAMINANTES

Contaminantes que afectan a los diferentes medios ambientales en el proceso de tratamiento de efluente cloacales

A continuación se muestra una tabla comparativa que relaciona los diferentes contaminantes que afectan a los distintos compartimentos que involucran al medio ambiente (**Tabla 3**).

Compartimento	Sólido	Líquido	Gas
Aire	<i>flocs (baja concentración de SST, grasas, lodos super oxidados, otras de origen bacteriológico, ej. vorticellas)</i>	<i>pesticidas y productos agrícolas (compuestos organoclorados, organofosforados, etc.)</i>	<i>Olores provenientes de compuestos volátiles (mercaptanos, amins, etc.) nitrógeno orgánico H₂S CH₄ CO₂</i>
Agua	<i>flocs (baja concentración de sólidos totales, grasas, lodos súper oxidados, otras de origen bacteriológico, ej. vorticeles microorganismos: bacterias (coliformes fecales, streptococcus, virus, etc.) polímeros</i>	<i>burbujas espumas (colorantes, organismos filamentosos, etc.) antiespumantes</i>	<i>H₂S CH₄ CO₂ nitrógeno</i>

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

	<p><i>partículas inorgánicas (trazas de metales)</i> <i>cenizas (ashing)</i> <i>material graso</i> <i>sólidos orgánicos no decantados</i> <i>nitritos y nitratos</i></p>		
Suelo	<p><i>P (fosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicos)</i> <i>materia orgánica biodegradable y no biodegradable (proteínas, hidratos de carbono, grasas, aceites, etc.)</i> <i>cenizas (ashing)</i> <i>material graso sólidos no decantados</i></p>	<p><i>espumantes (colorantes, organismos filamentosos, etc.)</i> <i>antiespumantes</i> <i>pesticida y productos agrícolas (compuestos organoclorados, organofosforados, etc.)</i></p>	<p><i>nitrógeno orgánico</i></p>
Biota	<p><i>flocs</i> <i>P (fosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicos)</i> <i>materia orgánica (proteínas, hidratos de carbono, grasas, aceites, etc.)</i> <i>cenizas (ashing)</i> <i>microorganismos:</i> <i>bacterias (coliformes fecales, streptococcus, virus, etc.)</i></p>	<p><i>espumantes (colorantes, organismos filamentosos, etc.)</i> <i>antiespumantes</i> <i>pesticidas y productos agrícolas (compuestos organoclorados, organofosforados, etc.)</i></p>	<p><i>nitrógeno orgánico</i> <i>pesticidas y productos agrícolas (compuestos organoclorados, organofosforados, etc.)</i></p>

Tabla 3. Contaminantes que afectan a los diferentes medios.

Fuente: Empresa Carbox, 2004.

Materia orgánica. Cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de los sólidos filtrables de un líquido residual son de naturaleza orgánica. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en un líquido residual son las proteínas (40%-60%), los hidratos de carbono (25%-50%), las grasas y los aceites (10%). Otro compuesto importante es la urea, principal constituyente de la orina, que por su rápido proceso de descomposición raramente está presente en líquidos residuales que no sean muy recientes. La urea y las proteínas son la principal fuente de nitrógeno de las aguas residuales. Los líquidos residuales también pueden contener pequeñas cantidades de un gran número compuestos orgánicos cuyas estructuras pueden ser simples como extremadamente

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

complejas. Los materiales grasos contaminan los cursos de agua formando una película sobre la superficie que impide el pasaje del oxígeno al agua.

→ *Detergentes*. Su presencia genera espumas que interfieren con el proceso de depuración en las plantas de tratamiento y le dan un mal aspecto a las mismas.

Materia inorgánica. Son varios los componentes inorgánicos de los líquidos residuales que tienen importancia para la determinación y control de calidad del agua.

→ *Nitrógeno y fósforo*. Estos nutrientes son esenciales para el desarrollo de algunos microorganismos. Trazas de otros elementos, tales como el hierro, también son necesarias para el crecimiento biológico. El nitrógeno es básico para la síntesis de proteínas, es necesario conocer la cantidad del mismo en las aguas para contemplar la posibilidad del tratamiento biológico de los líquidos residuales.

→ El fósforo también es esencial para el crecimiento de las algas por lo que también debe ser controlado a la hora de verter el agua a los cuerpos receptores.

→ *Azufre*. El ion sulfato se encuentra tanto en las aguas de abastecimiento como en la residual. Para la síntesis de las proteínas es necesario disponer de azufre, que posteriormente se libera en el proceso de degradación. Los sulfatos se reducen químicamente a sulfuros y a sulfuros de hidrógeno bajo la acción bacteriana en condiciones anaerobias.

Gases. Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en los líquidos residuales son el nitrógeno, el oxígeno, el dióxido de carbono, el sulfuro de hidrógeno, el amoníaco y el metano. Los tres primeros son gases presentes en la atmósfera, y se encuentran en todas las aguas en contacto con la misma. Los tres últimos son producto de la descomposición (aerobia y anaerobia) de la materia orgánica.

- *oxígeno disuelto*. Es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios y otras formas de vida. Es ligeramente soluble en agua y su presencia, al igual que la del resto de los gases, está condicionada por la presión parcial del gas en la atmósfera, la temperatura, la pureza del agua (salinidad, sólidos suspendidos, etc.). Dado que evita la formación de olores desagradables en los líquidos residuales, es deseable y conveniente disponer de oxígeno disuelto.
- *sulfuro de hidrógeno*. Como ya fue mencionado, proviene de la descomposición anaerobia de la materia orgánica que contiene azufre o la reducción de sulfitos y sulfatos minerales. Su formación queda inhibida en presencia de grandes cantidades de oxígeno. Es un gas incoloro, inflamable y con un olor típico. El ennegrecimiento de los líquidos residuales se debe principalmente a la formación de sulfuro ferroso y otros sulfuros metálicos.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

- *metano*. Es el principal subproducto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica. Normalmente no se encuentra en las aguas residuales porque pequeñas cantidades de metano son tóxicas para los microorganismos.⁴

Microorganismos. El proceso de barros activados produce una masa de microorganismos activos, que se aglomeran y floculan en el tanque de aireación, y que son capaces de oxidar la materia orgánica existente en el efluente. Muchos de los problemas que ocurren en los sistemas de barros activados se deben a las características que adquiere ese floc biológico. Los microorganismos tienen tamaños que oscilan entre 0,5 a 5 micrones, pero los mismos pueden formar flóculos grandes donde su tamaño llega a 1000 micrones (1mm). La población bacteriana está compuesta por bacterias como las coliformes fecales y las heterotróficas (aquellas que consumen materia orgánica) incluyendo *pseudomonas*, *achromobacter*, *flavobacterium*, *alcaligenes*, *arthobacter*, *citromonas* y *zooglea*. También en menor cantidad se encuentran *protozoarios*, *metozoarios* y *hongos*. Los flocs contienen además de materia orgánica, polímeros segregados por las propias bacterias y partículas inorgánicas. El floc ideal de un barro activado debe tener un balance adecuado entre microorganismos formadores de flocs, y bacterias filamentosas (*sarcodinas*, *protozoos flagelados*, *ciliados*, *vorticellas* y *rotíferos*, etc.) dando de esta forma una gran claridad al efluente y una buena sedimentabilidad.⁷

Protección de los Factores Ambientales

Aire

El principal impacto en la calidad del aire proviene generalmente de la generación de humos, polvos y olores, fundamentalmente producidos por las emanaciones surgidas del tratamiento y maquinarias. De corroborar contaminación del ambiente con gases, vapores, humos, niebla, polvos, fibras, aerosoles, y emanación de cualquier tipo, líquidos o sólidos, se deberá disponer de medidas de precaución destinadas a evitar que dichos elementos puedan afectar la salud de los trabajadores y de los vecinos.

Suelo

Se deberá tener especial cuidado de evitar cualquier vertido, vuelco accidental o lixiviado de insumos, material de excavación, o residuos de cualquier clase en el suelo que puedan causar su contaminación.

Se priorizará la reutilización de las tierras extraídas durante el zanqueo, en el caso de que fuera necesario la incorporación de material nuevo para el relleno de zanjas, el mismo deberá provenir de un sitio habilitado.

Agua

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

Se deberán implementar todas las acciones necesarias para proteger los recursos hídricos contra la contaminación y se deberán programar las operaciones de tal forma que se minimice la generación de barro y sedimentos producidos en obra.

Se deberá tener especial cuidado en evitar cualquier vertido, vuelco accidental o lixiviado de insumos, material de excavación, o residuos de cualquier clase en los cursos de agua.¹⁰

Es importante considerar que los factores climáticos: vientos, lluvias y variaciones de temperatura también puede afectar en menor o mayor grado cualquier compartimento, pudiendo también potenciar determinados efectos.

EFECTOS

Plantas de tratamiento

Hasta ahora en el tratamiento de efluentes cloacales se ha dado prioridad a su bajo costo, y no al análisis del impacto ambiental que generan sus procesos. Es contradictorio que las plantas de tratamiento que son vistas por el público como plantas que limpian el ambiente, en realidad están contaminándolo por medio de olores, producción de lodos y emisión de efluentes.

Aunque el efluente se depure, igual sigue contaminando el ambiente ya sea por la intervención de algunas sustancias químicas empleadas en el tratamiento por ejemplo de algunos metales que se usan para precipitar fósforo (sales de Fe y Al principalmente). A la solución de fósforo que no ha podido ser eliminada por decantación, se le añade una sal de aluminio o de hierro o cal, de forma que se produzca un compuesto insoluble (fosfatos metálicos o formaciones fosfato/calcio), es decir, produciendo una precipitación del fósforo en forma de sal.¹⁰ Otro compuesto a analizar es el caso del hipoclorito de sodio que por su acción desinfectante aún es cuestionado en cuanto a su efecto negativo en el ambiente (cuerpo receptor).¹¹ El agua residual cloacal contiene materia orgánica en importante cantidad que también es susceptible de oxidarse, pero si la materia orgánica abunda, una cantidad significativa de bacterias sobreviviría para hacer sentir su presencia en el desarrollo de coliformes fecales.^{15,16} Al evaluar las alternativas para el manejo de efluentes en ciudades costeras, existe una controversia entre los que proponen el uso de emisarios submarinos con un tratamiento preliminar o primario y que los que proponen sistemas con un mayor grado de tratamiento. Algunas organizaciones ecologistas reclaman un mayor grado de tratamiento basándose en la reglamentación vigente. Se espera en la actualidad que la aplicación de criterios ecológicos en las plantas de tratamiento pronto llegue a ser una exigencia imprescindible.¹¹

Emisarios submarinos

Con el fin de alejar la descarga cloacal de la costa se construyen los emisarios submarinos.¹⁷ Los emisarios submarinos son tuberías que conectan la salida de la planta de tratamiento de aguas residuales con el mar, es decir, están constituidos por conducciones en parte terrestres y en parte

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

marítimas, hasta llegar al punto de vertido, situado lo suficientemente alejado de la costa (2300-3600 m) para no afectar significativamente a las zonas de recreación¹⁸. Si el mismo alcanza la zona de recreación costera también podría afectar de manera considerable a la flora y fauna presente y también afectaría a las personas que se encuentran en contacto directo con el efluente. Esta situación es la que se manifiesta en la ciudad de Caleta Olivia donde hay una descarga localizada correspondiente a la zona de recreación. El emisario se encuentra en cercanías del Puerto Caleta Paula (**Figura 5**) extremo norte de la localidad. Según informa SPE el conducto se encuentra averiado desde el año 2013 hasta la actualidad. Se observa en la **Figura 11** la descarga del efluente en plena zona de recreación costera.

Afectaciones en el ejido urbano

Uno de los factores que forma parte de la contaminación ambiental que afecta al mundo se debe al aporte de efluentes cloacales sin tratamiento previo. Caleta Olivia no es la excepción y viene sufriendo desde años y cada vez con más intensidad la contaminación. La sociedad se ve afectada

diariamente por los derrames constantes de residuos cloacales en inmediaciones de diferentes barrios (**Figura 12 a 14**). Indicios de la eliminación de efluentes líquidos sin tratar muestran las innumerables gaviotas, como parte de la fauna autóctona, que se alimentan del material orgánico que resulta de la descomposición de los efluentes desechados (**Figura 15**).

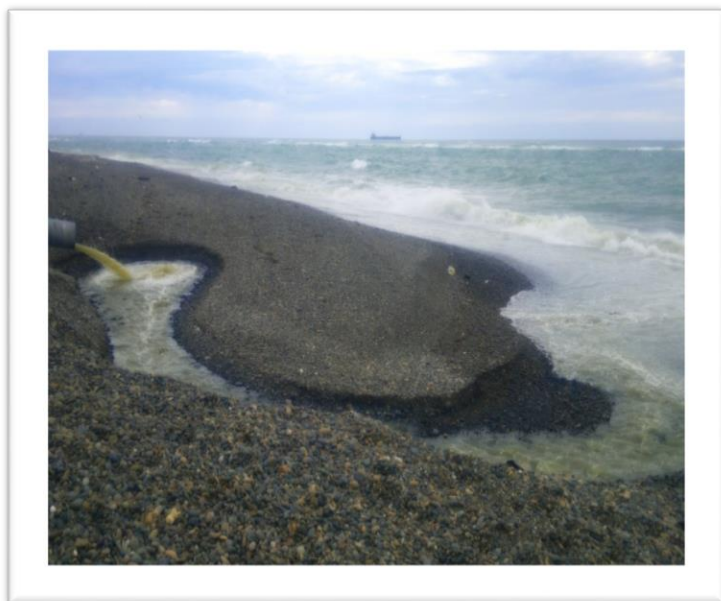


Figura 11. Emisario Submarino costanera Caleta Olivia-2018.

Fuente: Fotografía personal.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro



Figura 12. Afloro de efluentes en el barrio Bella Vista-Caleta Olivia-2016.

Fuente: Fotografía personal.

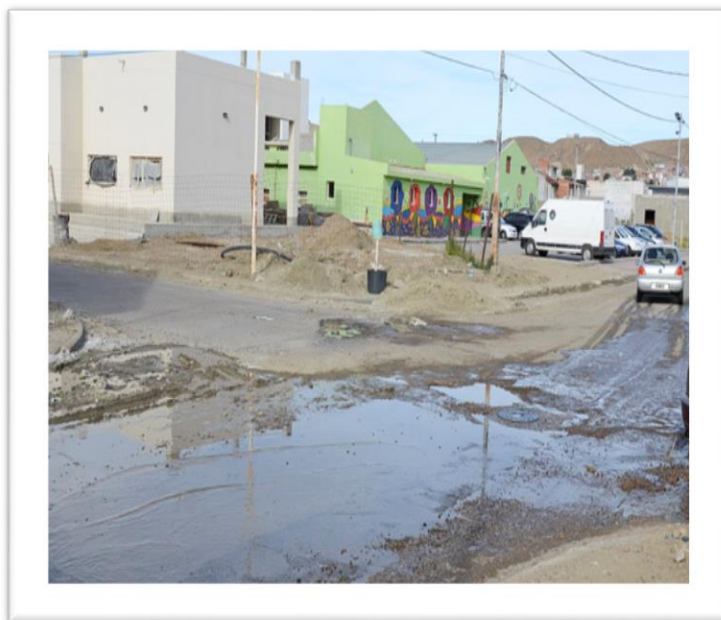


Figura 13. Afloramiento de efluentes en el barrio 17 de Octubre-Caleta Olivia-2016.

Fuente: Fotografía personal.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro



Figura 14. **Afloro de efluentes en barrio Rotary XXIII-Caleta Olivia-2016.**
Fuente: Fotografía personal.



Figura 15. **Fauna local a la salida del Emisario Submarino-2018.**
Fuente: Fotografía personal.

Según el Boletín Oficial de Santa Cruz (Resolución N° 017 Proyecto N° 0037/15 sancionado 12/03/15) se solicitó la presencia de autoridades de SPE para permitir la limpieza y reparación de la red cloacal, mantenimiento de las estaciones elevadoras, guías nuevas, cambiar infusiones para optimizar el servicio, adquisición de tres compresores para el normal funcionamiento de los

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

sopladores de la planta de tratamiento de líquidos cloacales de Caleta Olivia y la reparación del caño emisario submarino de la red cloacal,¹⁹ situación que actualmente no se encuentra resuelta.

Efectos de las aguas residuales para la salud

La mala calidad del agua, la falta de higiene y la contaminación ambiental figuran entre las principales causas de epidemias, enfermedades intestinales y muerte.

La consecuencia de la contaminación cloacal ya sea por ausencia del tratamiento o por ineficiencia del mismo repercute no sólo en el medio ambiente local (flora y fauna) sino también afectan directamente la salud de la población. Son enfermedades transmitidas por el agua: el cólera, la fiebre tifoidea, la disentería, la poliomielitis, la meningitis y las hepatitis A y B, entre otras. Los lugares que carecen de instalaciones de saneamiento apropiadas favorecen la rápida propagación de estas enfermedades debido a que las heces expuestas a cielo abierto contienen organismos infecciosos que contaminan el agua y los alimentos. La mayoría de estas enfermedades se pueden prevenir con la mejora del saneamiento público, la provisión de agua limpia y medidas de higiene como lavarse las manos después de ir al baño o antes de preparar la comida. La construcción de letrinas sanitarias y el tratamiento de las aguas servidas para permitir la biodegradación de los desechos humanos ayudarán a contener las enfermedades causadas por la contaminación.

La capacidad del agua para transmitir enfermedades depende de su calidad microbiológica. Las enfermedades pueden ser causadas por virus, bacterias o protozoarios. Las bacterias patógenas que contaminan el agua y causan enfermedades se encuentran en las excretas de los seres humanos y de los animales de sangre caliente (mascotas, ganado y animales silvestres). Pueden transmitirse a través del agua, de los alimentos, de persona a persona y de animales a seres humanos. Las bacterias que más afectan la salud pública son *Vibrio cholerae*, causante del cólera; *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni* y *Yersinia enterocolitica*, causantes de gastroenteritis agudas y diarreicas; *Salmonella typhi*, que produce fiebres tifoideas y paratifoideas; y *Shigella*, causante de disentería. Las bacterias patógenas representan un serio riesgo para la salud pública y es prioritario eliminarlas del agua, debido a que su ingestión podría ocasionar una epidemia con graves consecuencias para la salud de la población.²⁰

Efectos de la recarga artificial de acuíferos

Se comprobó que la recarga artificial de los acuíferos (reservorios de aguas subterráneas) con aguas residuales tratadas, permite el uso del suelo como filtro del tipo físico, químico y biológico, para remover contaminantes en la zona no saturada y también del acuífero. El efluente que llega al acuífero, está altamente clarificado y al diluirse con las aguas naturales, puede mejorar sustancialmente su calidad, permitiendo así su posterior reúso en el riego y en otros usos.

La adición del agua residual a los sistemas de infiltración rápida, se realiza cíclicamente para garantizar la re-aireación natural del suelo a través del medio poroso y con ello, incrementar el

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

potencial de tratamiento del agua residual. Se considera que el tratamiento previo del agua residual antes de ser pasada por el suelo, es necesario para evitar la obstrucción rápida de la superficie de infiltración, por lo que debe realizarse un mantenimiento periódico de la superficie.

La eficiencia de tratamiento de estos sistemas puede ser excelente, sin embargo, la remoción de nitrógeno es limitada debido a las altas tasas de infiltración y a la ausencia de vegetación. Los sistemas de infiltración ofrecen las ventajas de presentar bajos costos de purificación y requieren mucho menos terreno que las lagunas de estabilización secundarias.²¹

LEGISLACION

A continuación, se sintetizan las normas que constituyen el encuadre jurídico general vigente aplicable a la prestación del servicio público de desagües cloacales. Además de las normas detalladas, se debe contemplar la normativa asociada a la gestión de residuos domiciliarios, así como de otro tipo de residuos, gestión de permisos municipales y observancia de normativa local en lo que corresponda. A la hora de establecer las jerarquías jurídicas referentes al tratamiento de residuos cloacales se priorizan las leyes a nivel Nacional, provincial y municipal considerando que las modificatorias deben complementarse, pero nunca contradecirse.

Legislación Nacional

El Código Civil de la Nación en su artículo 2.618 protege al vecino en las molestias generadas como consecuencias de la actividad descrita a saber en la generación de humo, calor, olores, luminosidad, ruidos, vibraciones o daños similares.

Ref.: Código Civil de la Nación Argentina. Ministerio de Justicia y Derechos Humanos Presidencia de la Nación. 1990.

Según el artículo 41 de la actual Constitución Nacional se debe proveer un ambiente sano para el desarrollo humano y para las actividades productivas de la zona sin comprometer a las generaciones futuras protegiendo la salud de los consumidores (Art. 42).

Es obligación de la provincia ejercer el dominio del recurso y aprovechamiento del residuo tratado (Art. 124).

Ref.: Constitución Nacional Argentina. Impreso en Argentina, hecho el depósito que marca la Ley N°11.723.1994.

La Ley 25.831 establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para garantizar el derecho de acceso a la información ambiental que se encontrare en poder del Estado, tanto en el ámbito nacional como provincial y municipal como así también de entes autárquicos y empresas prestadoras de servicios públicos, sean públicas, privadas o mixtas. El acceso a la información ambiental será libre y gratuito para toda persona física o jurídica.

Ref.: Ley Nacional N°25.831. Presupuestos mínimos: Régimen de libre acceso a la información pública ambiental. Presidencia de la Nación. 2002.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

La Ley 25.612 establece los presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio, que sean generados en todo el territorio nacional y derivados de procesos industriales o de actividades de servicios.

Ref.: Ley Nacional N°25.612. Ley de Presupuestos mínimos: Residuos Industriales y Actividades de servicios. Presidencia de la Nación. 2002.

La Ley 24.375 establece procedimiento apropiados por los que se exija la evaluación del impacto ambiental de sus proyectos propuestos que puedan tener efectos adversos importantes para la diversidad biológica con miras a evitar o reducir al mínimo esos efectos y, cuando procesa, permitirá la participación del público en esos procedimientos.

Ref.: Ley Nacional N°24. 375. Convenio sobre la diversidad biológica. Presidencia de la Nación. 1994.

La Ley Nacional General del Ambiente 25.675 establece los presupuestos mínimos y los principios de la política ambiental nacional. La misma consagra a los siguientes principios:

Prevención: Las causas y fuentes de los problemas ambientales deberán atenderse en forma prioritaria e integrada, tratando de prevenir los efectos negativos que pudieren tener sobre el ambiente. *Precautorio:* Cuando exista peligro de daño grave o irreversible deberán tomarse todas las medidas necesarias para evitar su producción, sin que sea justificación la inexistencia de certeza científica o ausencia de información al respecto. *Responsabilidad:* El generador de efectos degradantes del ambiente, actuales o futuros, es responsable de los costos de las acciones preventivas y correctivas de recomposición, sin perjuicio de la vigencia de los sistemas de responsabilidad ambiental que correspondan.

En su art. 8 establece como instrumento de la política ambiental la evaluación del impacto ambiental. En el mismo sentido, art. 121 del marco regulatorio aprobado por Ley 26.221. Los estudios de impacto ambiental deberán contener, como mínimo, una descripción detallada del tratamiento del efluente cloacal la identificación de las consecuencias sobre el ambiente, y las acciones destinadas a mitigar los efectos negativos. La información Ambiental, se encuentra prevista en el art. 16 y establece también la obligación de las personas jurídicas, públicas o privadas de proporcionar información ambiental.

El art. 13, establece que debe preverse la implantación de una barrera arbórea que circunde la Planta, como acción destinada a mitigar cualquier impacto negativo que eventualmente se pudiere provocar (olores, ruidos, visuales y paisajísticos).

Por otra parte, en los arts. 27 al 33 se define al daño ambiental como toda alteración relevante que modifique negativamente el ambiente como consecuencia de la actividad referente al tratado del efluente cloacal.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

Ref.: Ley Nacional N°25.675. Ley General del Ambiente. Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. Presidencia de la Nación. 2002.

La Ley 24.051 de Residuos Peligrosos regula la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos cloacales. Regula también lo referente a la generación, transporte, operación y disposición final de los residuos, así como lo relativo a las responsabilidades, caracterización y categorías según los residuos cloacales. Además, una modificatoria establece que será reprimido con las mismas penas establecidas en el art. 200, el que utilizando los residuos a los que se refiere la ley 24.051, envenenare, adulterare o contaminare de un modo peligroso para la salud, el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general.

Ref.: Ley Nacional N°24.051. Ley Residuos Peligrosos. Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. Presidencia de la Nación. 1992.

La Ley 25.688 denominada Régimen de Gestión Ambiental de Aguas establece los presupuestos mínimos ambientales, para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional.

Ref.: Ley Nacional N°25.688. Régimen de Gestión Ambiental de Aguas. Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. Presidencia de la Nación. 2002.

La resolución 97/01 está enmarcada en la regulación, tratamiento, utilización y disposición final de los barros que se obtienen principalmente del tratamiento de las Plantas de efluentes cloacales con el fin de asegurar una gestión sustentable de lo tratado. Presenta anexos que establecen las clasificaciones de los barros, procesos incluidos, límites de concentración y valores agrícolas de los barros.

Ref.: Resolución Nacional N°97. Manejo sustentable de barros generados en las Plantas de Tratamientos de Efluentes Líquidos. Presidencia de la Nación. 2001.

Legislación Provincial y Municipal

La Ley Provincial 2.658 en su Anexo "A" regula los vertidos a los cuerpos de agua estableciendo los rangos permitidos en cuanto a los parámetros que determinan la composición del efluente tratado.

Ref.: Ley Provincial N°2.658. Ley Anexo "A" Impacto Ambiental. Asuntos Constitucionales, Justicia, Peticiones, Poderes y Reglamentos. Honorable Cámara de Diputados.2006.

La Ley 229 (Modificada por Ley 2.926) declara de interés público y obligatoria a la provincia en cuanto a la conservación del suelo no solo manteniéndolo sino también mejorando su capacidad productiva como resultado del barro generado de la actividad.

Ref.: Ley Provincial N°229. Conservación de Suelos. Boletín Oficial. 2006.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

La Ley 1.451 (Modificada por las Leyes 2.625, 2.701 y 3.194) rige el estudio, uso y preservación de las aguas públicas provinciales no marítimas. Mediante Disposición 4/96 de la Dirección Provincial de Recursos Hídricos se aprueba la reglamentación para el control de calidad y protección de los recursos hídricos. En su Decreto 525/93, en su Art. 1, dispone que la Dirección Provincial de Recursos Hídricos sea la Autoridad de Aplicación de la citada Ley 1.451.

Ref.: Ley Provincial N°1.451. Efluentes Líquidos.1982.

A nivel municipal el decreto 2386/2008 (BO 09/12/2008) aprueba el reglamento para la convocatoria a audiencias públicas ambientales en materia de evaluación de impacto ambiental en todo el territorio de la provincia.

Ref.: Decreto Provincial N°2386. Boletín Oficial. 2008.

La Resolución N° 694/09 (26/10/ 2009) establece el Tratamiento de Efluentes Cloacales para Riego de Espacios Verdes. Municipalidad de Caleta Olivia.

Ref.: Resolución N°694.Efluentes Cloacales para Riego de Espacios Verdes.2009.

METODOLOGIAS ANALITICAS

Parámetros de calidad del efluente tratado

La integridad de cualquier resultado del laboratorio depende de un correcto muestreo y traslado de las muestras desde la planta hacia el laboratorio. El muestreo se debe realizar en puntos predeterminados en los que se requiera conocer determinadas características del líquido cloacal (por ejemplo, sólidos sedimentables a la entrada y salida de los sedimentadores) al fin de mantener el proceso bajo control. Para obtener muestras representativas debe dejarse de lado los posibles materiales flotantes acumulados en los rincones donde el agua está parcialmente estancada. Debido a la alta complejidad de las matrices y la rápida alteración de las mismas en este tipo de muestras, es necesario un traslado rápido al laboratorio, como así también rapidez en el análisis. Pueden tomarse dos tipos de muestras diferentes, dependiendo del tiempo disponible de los análisis. Una es una muestra instantánea, la otra es una muestra media, que consiste de porciones de aguas residuales que se toman a intervalos regulares de tiempo, siendo proporcional el volumen de cada porción al flujo del agua en el momento de la recolección. Todas las porciones se mezclan para formar una muestra final representativa. El rotulado de la muestra debe contener el tipo de muestra, lugar, nombre del extractor, tipo de análisis, destino, fecha, hora, etc.⁴

✓ **Material de los recipientes colectores:**

Para análisis químico: se recomiendan botellas de borosilicatos (pirex), goma dura o polietileno, es decir, materiales inertes. Los envases de vidrios no son aconsejables para muestras con sodio, metales alcalinos o silicatos.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

Los envases de polietileno deben ser tratados previamente con HCl diluido, para evitar trazas de metales que puedan quedar de su elaboración. El ión PO_4 desaparece de las soluciones guardadas en estos envases, por acción de las bacterias.

Los tapones de vidrios no son deseables para líquidos alcalinos, así como los de goma no lo son para disolventes orgánicos.

La capacidad mínima de los envases es de 2 a 3 litros.

Para análisis bacteriológico: Frascos de vidrios de borosilicatos de boca ancha, esterilizados, con tapón de vidrio esmerilado, protegido éste y es cuello con cubierta de papel o estaño.

La capacidad mínima es de 250 ml.

Para análisis biológico: Frasco limpio (neutro), con capacidad mínima de 2 litros. No es preciso que esté esterilizado.

✓ Técnicas de Muestreo:

Para muestreo bacteriológico: Hay que tener especial cuidado con la contaminación que se pueda introducir al manipular el cuello y el tapón, por lo tanto, se debe sujetar el frasco por la base.

Para muestreo biológico: similares a los bacteriológicos.

Para análisis químico: Hay que tener cuidado en dejar rebosar el frasco o la botella y luego tapparla cuando se desee hacer el oxígeno disuelto.¹⁰

En las plantas de tratamiento, los puntos de muestreo requeridos están situados: antes de la planta (agua cruda), en la planta (control) y después de la planta (rendimiento del tratamiento). Los parámetros que se aplican para determinar la composición y calidad del efluente tratado en la Planta de tratamiento de Caleta Olivia son los que se detallan en el siguiente cuadro (**Cuadro 1**):

DBO	
DEFINICIÓN	Demanda Bioquímica de Oxígeno: Ensayo estandarizado para medir la cantidad de oxígeno que se consume para degradar biológicamente un compuesto orgánico. Unidades: mg/L.
MÉTODO	Titulométrico. <i>Ref.: Técnica 5210 B, Standards Methods.</i>
CONSIDERACIONES	Se realiza a lo largo de 5 días a temperatura constante (20°C) Con el fin de asegurar la fiabilidad de los resultados obtenidos es preciso diluir la muestra con una solución especialmente preparada de modo que se asegure la disponibilidad de nutrientes y oxígeno.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

DQO	
DEFINICIÓN	Demanda Química de Oxígeno: Ensayo estandarizado para medir la cantidad de oxígeno consumido para oxidar químicamente un compuesto químico. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO. Unidades: mg/L.
MÉTODO	Titulométrico <i>Ref.: Técnica 5220 B, Standars Methods.</i>
CONSIDERACIONES	Para facilitar la oxidación se utiliza un catalizador (sulfato de plata) y se realiza el ensayo a altas temperaturas por un tiempo determinado. Debido a que los cloruros interfieren en el ensayo (se oxidan, reduciendo parte del Cr) es necesario inhibirlos, esto se hace adicionando sulfato mercúrico que capta el cloro formándose el HgCl ₂ . La DQO se detiene aproximadamente a las siete horas del análisis, a partir de ahí se mantiene prácticamente constante. Se toman como condiciones estándares de análisis 2h, 150 °C. Se recomienda extraer la muestra en envases de vidrio. Si el ensayo no puede realizarse de inmediato, se debe acidificar la muestra a pH = 2 con ácido sulfúrico.
SST	
DEFINICIÓN	Sólidos totales en suspensión, también llamado residuo no filtrable. Unidades: mg/L.
MÉTODO	Gravimétrico <i>Ref.: Técnica 2540 D, Standars Methods.</i>
CONSIDERACIONES	La temperatura a la que se seca el residuo incide en gran medida en los resultados, debido a las pérdidas de peso producto de la volatilización de materia orgánica, el agua ocluida, el agua de cristalización y los gases que se producen por la descomposición producto del calor, así como las ganancias producidas por la oxidación. La muestra se debe recolectar en botellas de vidrio o plástico de 1L de capacidad. Refrigerar a 4 °C. Analizar antes de 24 horas de preferencia, como máximo 7 días de realizado el muestreo.
SS	

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

DEFINICIÓN	Sólidos sedimentables: Sirve para llevar un control del funcionamiento de la planta en varios puntos. Unidades: mg/L.
MÉTODO	Volumétrico <i>Ref.: Técnica 2540 F, Standars Methods.</i>
CONSIDERACIONES	1 litro de muestra en un cono graduado, llamado como Imhoff. Se dejan sedimentar los sólidos más densos durante un período convenido (los más comunes son 10, 60 y 120 minutos) luego del cual se lee el volumen de SS en mL/L y se aclara el tiempo de sedimentación.
SSV	
DEFINICIÓN	Sólidos volátiles: Los sólidos fijos son el residuo de los sólidos totales, disueltos o suspendidos, después de llevar una muestra a sequedad durante un tiempo determinado a 550 °C. La pérdida de peso por ignición son los sólidos volátiles. Unidades: mg/L.
MÉTODO	Volumétrico. <i>Ref.: Técnica 2540 E, Standars Methods.</i>
CONSIDERACIONES	Representan aproximadamente la masa activa (de microorganismos) en el tanque de aireación. No es posible distinguir entre la materia orgánica y la inorgánica debido a que algunas sales minerales se descomponen o volatilizan.
IVL	
DEFINICIÓN	Índice Volumétrico de Lodos. Es el volumen específico del barro. Es el volumen en mL ocupados por 1 g de un lodo después de 30 minutos de sedimentación. Unidades: mLlodo/gssv).
MÉTODO	Volumétrico. No estandarizado.
CONSIDERACIONES	Lo ideal es que su valor esté entre 40 y 140 mL/g
OD	
DEFINICIÓN	Oxígeno Disuelto en la cámara de aireación. Unidades: mg/L.
MÉTODO	Electrométrico. <i>Ref.: Técnica 4500 OG, Standars Methods.</i>
CONSIDERACIONES	El agua de dilución puede estar inoculada. La muestra puede no estar diluida.
θ	

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

DEFINICION	Tiempo de residencia. No está legislado. Permite una máxima remoción de sólido y materia orgánica expresada como DBO. Unidades: d (Días)
MÉTODO	Volumétrico
CONSIDERACIONES	Evitar lodos súper oxidados (viejos).
F/M	
DEFINICIÓN	Relación entre el alimento ingresado (F) y la masa de microorganismos (M) en el sistema. Unidades: d ⁻¹
MÉTODO	Manométrico. No estandarizado.
CONSIDERACIONES	No excederse en la cantidad de alimento.
ACEITES Y GRASAS	
DEFINICION	Los aceites y grasas viscosas presentes, así como los sólidos, son separados por filtración de la muestra líquida acidificada, mientras que los jabones metálicos son hidrolizados por la acidificación. Unidades: mg/L.
MÉTODO	Gravimétrico. <i>Ref.: Técnica 5220 D, Standars Methods.</i>
CONSIDERACIONES	Se debe recolectar un volumen de muestra de acuerdo a la cantidad de aceites y grasas se estime que presente la muestra (en general de 100 a 1000 ml de muestra) en un frasco de vidrio de boca ancha, con cámara de aire.
SULFUROS	
DEFINICIÓN	Reacción de los sulfuros con cloruro férrico y la dimetil-p-fenilendiamina, para producir el azul de metileno. Unidades: mg/L.
MÉTODO	De Electrodo <i>Ref.: Técnica 4500 S2 G, Standars Methods</i>
CONSIDERACIONES	Se utiliza fosfato de amonio para eliminar la interferencia que genera el color del cloruro férrico. El procedimiento es aplicable para concentraciones entre 0,1 mg/L y 20 mg/L y se lee con un espectrofotómetro.
AMONÍACO	
DEFINICIÓN	El titulante es ácido sulfúrico estandarizado y se utiliza un indicador mixto de rojo de metilo y azul de metileno. Unidades: mg/L.
MÉTODO	De Electrodo. <i>Ref.: Técnica 4500 NH₃ D, Standars Methods.</i>
CONSIDERACIONES	pH próximo a 9,5 con un búfer adecuado para evitar la hidrólisis de cianatos y compuestos orgánicos nitrogenados.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

FÓSFORO	
DEFINICIÓN	Se deben convertir todas las formas presentes a fosfato disuelto. Unidades: mg/L.
MÉTODO	Colorimétrico. <i>Ref.: Técnica 4500 P D, Standars Methods.</i>
CONSIDERACIONES	Se basa en la reacción del molibdato de amonio y el tartrato antimonílico de potasio con el fosfato en medio ácido dando una coloración azul. <i>Interferencias.</i> Los arseniatos producen una coloración similar.
COLIFORMES FECALES	
DEFINICIÓN	Son todos los bacilos gram (-), aeróbicos y algunos anaeróbicos facultativos, no formadores de endosporas, que cuando se incuban con lactosa por 24h a 44.5 ± 0.2 °C desarrollan colonias color azul. Unidades: nmp
MÉTODO	Filtración por membrana. <i>Ref.: Técnica 9221 F, Standars Methods.</i>
CONSIDERACIONES	La muestra debe ser colectada en frascos de vidrio o de polipropileno autoclavable, de boca ancha estériles. En el frasco debe quedar una cámara de aire para poder homogeneizar la muestra antes de procesarla. La misma debe conservarse a 4 °C hasta ser analizada. El período máximo de conservación de la muestra en frío es de 6 - 8 h.
COLIFORMES TOTALES	
DEFINICIÓN	Constituyen un grupo de bacterias que se definen por las pruebas usadas para su aislamiento, generalmente de origen fecal. Es la filtración de un volumen medido de la muestra a través de una membrana de nitrato de celulosa y su incubación en medio de cultivo selectivo a 35 °C. Unidades: nmp
MÉTODO	Filtración por membrana <i>Ref.: Técnica 9221 B, Stándar Methods.</i>
CONSIDERACIONES	Iguals consideraciones de Coliformes Fecales.
OLORES	
DEFINICIÓN	Resultan de la descomposición de la materia orgánica presente, es el debido a la presencia de sulfuro de hidrógeno que se produce de la reducción de sulfatos por acción de microorganismos anaerobios.
MÉTODO	<i>Ref.: Técnica 2150 B, Standars Methods.</i>

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

CONSIDERACIONES	Tecnología moderna.
pH	
DEFINICIÓN	Logaritmo de la inversa de la actividad de los iones hidrógeno. $pH = -\log [H^+]$ donde $[H^+]$ = actividad de los iones hidrógeno en mol/L.
MÉTODO	Electrométrico <i>Ref.: Técnica 4500 H+B, Standars Methods.</i>
CONSIDERACIONES	Un tratamiento adicional es utilizar Ácido clorhídrico (1+9) para remover cualquier película restante.
TEMPERATURA	
DEFINICIÓN	Termómetro con una escala de apreciación de 0,1 °C. Unidades: °C
MÉTODO	Termométrico. <i>Ref.: Técnica 2550 B, Standars Methods.</i>
CONSIDERACIONES	Controlar la calibración.

Cuadro 1. Parámetros característicos de efluentes cloacales.

Fuente: Empresa Carbox, 2004.

Parámetros de control de barros

Otro parámetro importante de control durante el proceso de tratamiento tiene que ver con la recirculación de barros. Se realiza un balance de masa alrededor de la cámara de aireación y el sedimentador secundario. Caudales posibles de recirculación (**Tabla 4**).

Concentración de sólidos totales en el fondo del sedimentador (g/m ³)	Concentración de sólidos totales en aireación (g/m ³)	Relación caudal/recirculación/caudal ingresante
5.000	3.000	1,5
6.000	3.000	1,0
7.000	3.000	0,8
8.000	3.000	0,6
9.000	3.000	0,5
10.000	3.000	0,4
13.000	3.000	0,3

Tabla 4. Relación entre caudal de recirculación y el caudal de ingreso en función de la concentración de barro en la recirculación.

Fuente: AIDIS, 2004.

Las normas del ente Nacional del Obras Hídricas de Saneamiento (ENOHSA) fijan un caudal de recirculación (RAS) entre el 30 % y 150 % del caudal de diseño. El mismo se efectúa mediante un sistema de cuatro bombas neumáticas de tipo air-lift. Las características más notables son el gran caudal y la incapacidad de alcanzar alturas de impulsión elevadas ambas características están ligadas a un rotor de tipo abierto para evitar obstrucciones. Además de tener mayor flexibilidad para el

manejo de variaciones de caudal requeridas para el control de una planta cloacal de este tipo, este método de elevación para la recirculación de barros (RAS) presenta las ventajas de ser totalmente indestructible y no requiere atención ni mantenimiento.¹³

Automatización y control de los parámetros físicoquímicos

En la planta de tratamiento de Caleta Olivia, existía un sistema de control y adquisición de datos (SCADA)⁷ (**Figura 16**) que contenía la lógica de control diseñada para que el personal pueda monitorear el funcionamiento de los equipos electromecánicos y el control operativo del proceso asociado a la ingeniería de la planta. A continuación, se muestra un diagrama de flujo a través de un software que permitía controlar y supervisar a distancia los procesos correspondientes a la actividad, mediante el cual se podía ver en tiempo real diversos datos técnicos como caudales de ingreso, egreso, capacidades de almacenamiento, etc.

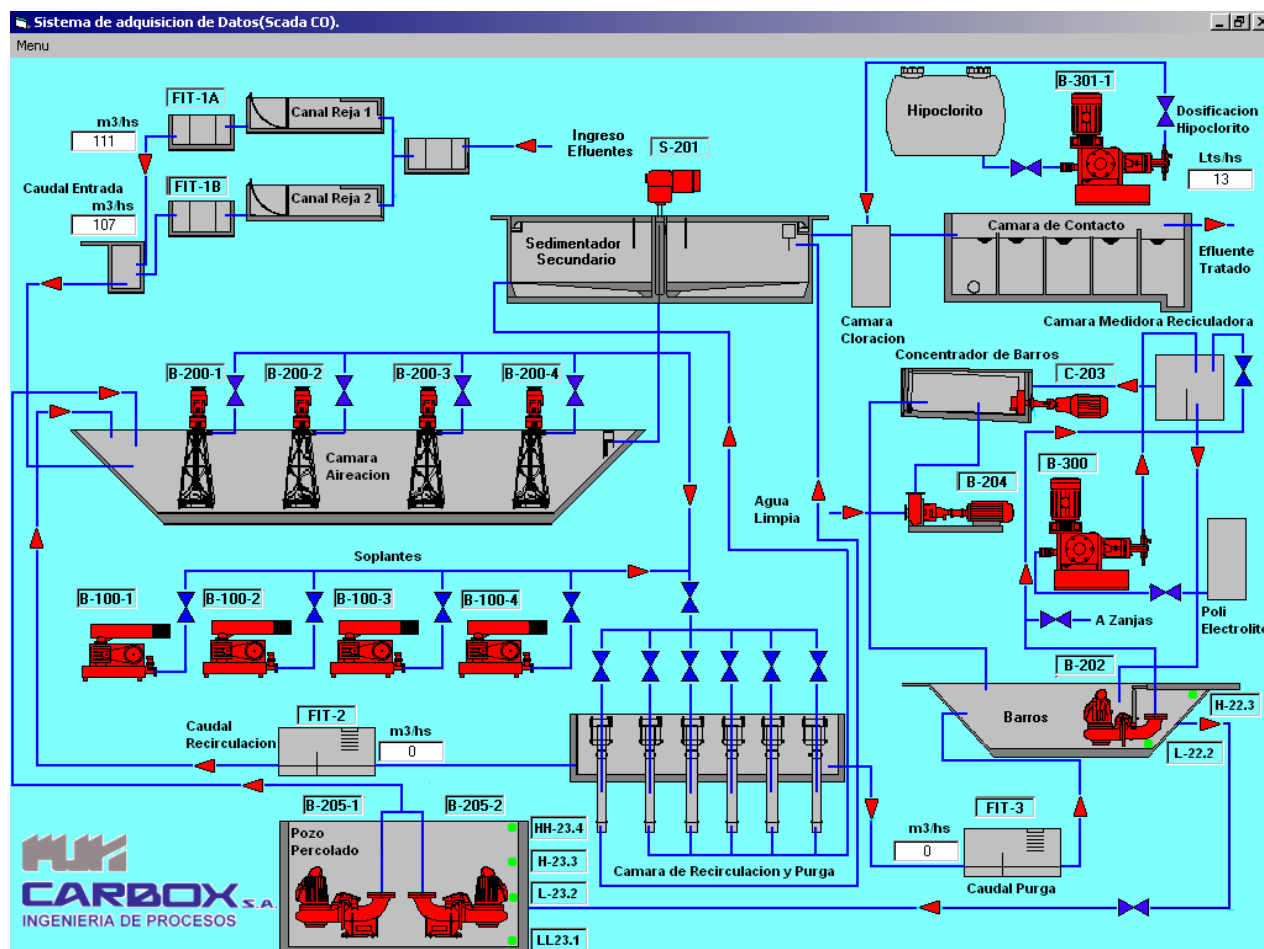


Figura 16. Sistema de control y adquisición de datos (SCADA) en planta de tratamiento Caleta Olivia.

Fuente: Empresa Carbox, 2004.

TÉCNICAS APLICADAS AL ANÁLISIS FORENSE

En la actualidad, el uso de herramientas tecnológicas para la comprensión de sucesos es una constante. Las nuevas tecnologías modificaron en gran medida las metodologías tradicionales y la estadística permite utilizar un conjunto de datos para obtener a partir de ellos inferencias en el cálculo de probabilidades. Con el fin de exponer ejemplos de sus usos se aplican a continuación herramientas satelitales, gráficas y hojas de cálculo para exponer imágenes y relacionar datos que involucran los parámetros de calidad de un efluente cloacal en la ciudad de Caleta Olivia. Este enfoque permite el tratamiento de datos reales generando el interés en la reflexión, interpretación y análisis de resultados.

Herramientas Satelitales

Utilizando el Análisis de Imágenes Satelitales a través del programa Google Earth, como herramienta metodológica para la identificación, tras la superposición de capas que vinculan imágenes satelitales y datos georreferenciados se pudo acceder al Historial de Imágenes desde el año 2004 hasta la actualidad observando los cambios que sufrió la zona donde antiguamente era un área descampada y que en la actualidad se encuentra ubicada la Planta de tratamiento de efluentes cloacales de la localidad de Caleta Olivia (**Figura 17 a 21**). Se distingue claramente el inicio de la instalación como así también la ausencia de posibles derrames producto de la actividad a lo largo el funcionamiento de la planta de tratamiento.



Figura 17. Evolución del tiempo año 2004.

Fuente: Google Earth.

A partir del año 2007 (**Figura 18**) hay registro de actividad en la planta de tratamiento ya que puede distinguirse por la presencia de diferentes colores el tratamiento de efluentes en las instalaciones,

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

situación que se traslada hasta el año 2013 (**Figura 19**), que pertenece al último registro de actividad según las imágenes satelitales.



Figura 18. Evolución del tiempo año 2007.

Fuente: Google Earth.



Figura 19. Evolución del tiempo año 2013.

Fuente: Google Earth.

A partir del año 2015 (**Figura 20**) hasta el año 2018 (**Figura 21**) se observa claramente que las instalaciones se encuentran fuera de funcionamiento ya que el color agreste de cada imagen satelital como la tupida formación de vegetación autóctona en las distintas instalaciones denota la ausencia de actividad.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro



Figura 20. Evolución del tiempo año 2015.

Fuente: Google Earth.



Figura 21. Evolución del tiempo año 2018.

Fuente: Google Earth.

Herramientas Gráficas

La composición de los efluentes líquidos se refiere a la cantidad de constituyentes físicos, químicos y biológicos presentes. La **Tabla 5** representa efluentes cloacales domiciliarios sin tratamiento, con

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

respecto a diferentes parámetros de calidad de los efluentes provistos por la fuente American Public Health Association los cuales se encuentran expresados en mg/L. Estos parámetros en función de las concentraciones, se pueden clasificar como fuerte, media o débil. Los datos corresponden a efluentes líquidos finales que ingresan al sistema, con posibles aportes no domiciliarios. Los datos correspondientes a la columna denominada “Caleta Olivia” son valores promedios obtenidos de registro de la planta a los 30 días de su funcionamiento y se corresponden a datos de ingreso del efluente cloacal. Puede apreciarse que en relación a las concentraciones de los parámetros considerados los efluentes sin tratamiento de Caleta Olivia se encuentran más cercanos a los valores de concentración media que establece la referencia.

Concentración (mg/L)	Débil	Media	Fuerte	Caleta Olivia
DBO	110	220	400	214
DQO	250	500	1000	380
SST	350	720	1200	640
N	20	40	85	40
P	4	8	15	7

Tabla 5. Datos típicos de características de efluentes cloacales domiciliarios sin tratamiento y concentraciones de ingreso a la planta del efluente para Caleta Olivia.

Fuente: American Public Health Association y SPE Caleta Olivia.

La utilización de herramientas gráficas a través de hojas de cálculo permite combinar datos específicos y proyectarlos en gráficos que finalmente colaboran a analizar los datos involucrados.

- **Análisis de Relaciones LRL (Relaciones Logarítmicas)**

El análisis basado en las relaciones LRL puede encontrar patrones (relaciones de proporciones constantes) y compararlas con las de la fuente contaminante y hallar un nexo de tal manera de encontrar evidencias de que las muestras tengan un origen en común, esto sucedería si las relaciones encontradas en el campo y la fuente fuesen iguales.

Matemáticamente se pueden establecer relaciones logarítmicas entre las concentraciones de elementos objetos de análisis para determinar su comportamiento. Al evaluar, los parámetros referentes al efluente generado en Caleta Olivia, se deduce el siguiente análisis exponiendo los parámetros DBO (*Demanda bioquímica de oxígeno*), DQO (*Demanda química de oxígeno*) y SST (*Sólidos totales en suspensión*) relacionados de la siguiente manera: **Gráfico 6** ($\ln(DQO/DBO)$ vs $\ln(DBO)$), **Gráfico 7** ($\ln(SST/DQO)$ vs $\ln(DQO)$) y **Gráfico 8** ($\ln(SST/DBO)$ vs $\ln(DBO)$):

En los **Gráficos 6, 7 y 8** se observa que la distribución de los datos no es completamente paralela al eje x, ya que todos los gráficos en términos de las rectas que mejor se ajustan a los datos presentan una pendiente negativa y en valor absoluto la misma es más cercana a 1 (uno), por lo que no existiría una distribución homogénea entre los datos de los diferentes parámetros analizados.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

El coeficiente de regresión (R^2) ayuda a determinar si existe relación entre las variables analizadas, en estos términos cuanto más próximo es a 1 (uno) más se afianzan las relaciones entre las variables expuestas. Para los **Gráficos 6, 7 y 8** los coeficientes se aproximan a 1 (uno) con lo que se podría establecer que el modelo se ajustaría bastante bien a las variables pudiendo explicar respectivamente el 91 %, 95 % y 99 % de la variable real en relación a los parámetros expuestos.

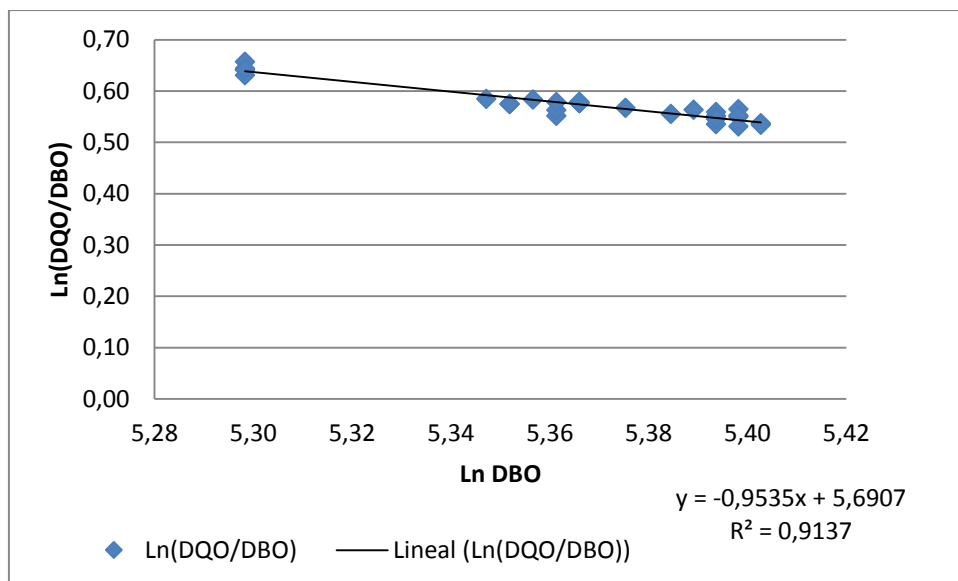


Gráfico 6. Análisis LRL- DQO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) Caleta Olivia.

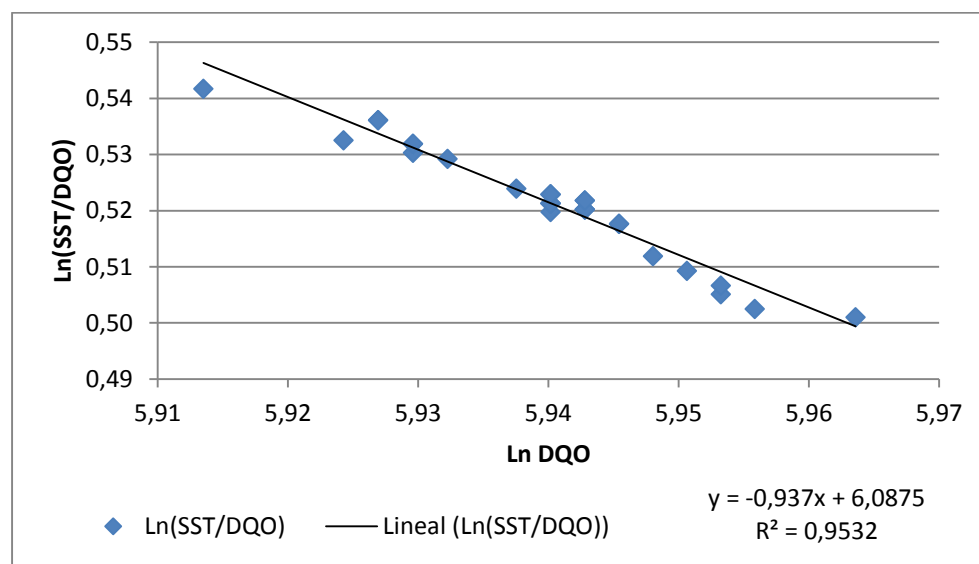


Gráfico 7. Análisis LRL- SST (Sólidos Totales en Suspensión) y DQO (Demanda Química de Oxígeno) Caleta Olivia.

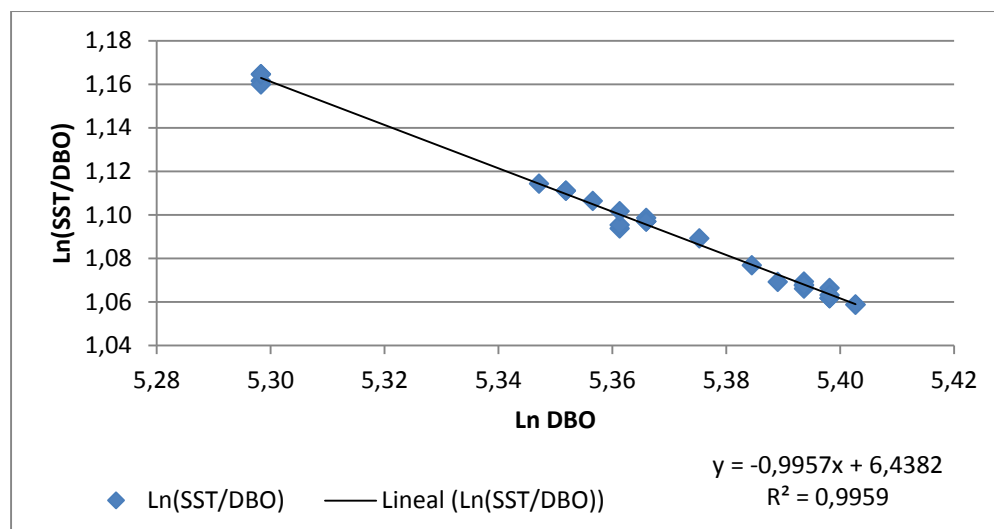


Gráfico 8. Análisis LRL- DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y SST (Sólidos Totales en Suspensión) Caleta Olivia.

Técnicas isotópicas como complemento de la hidroquímica

La hidrología isotópica, utilizada en los estudios relacionados con los recursos hídricos, son herramientas muy actuales y constituyen métodos adecuados para obtener modelos conceptuales fenomenológicos, representan un instrumento de validación de otras técnicas hidrogeológicas y tienen probada eficacia en la solución de problemas relacionados con calidad del agua, interconexiones hidráulicas, mezclas de agua, profundidad de circulación o localización de recargas y de fuentes de contaminación. Las técnicas nucleares basan su empleo en el ciclo hidrológico. La hidroquímica, al proveer información sobre la distribución de los elementos y su evolución espacial y temporal en sistemas hídricos, ayuda a caracterizar los acuíferos y definir los problemas ambientales y plan de remediación. La hidrología isotópica como técnica nuclear, hace uso de los isótopos del agua (^{18}O , ^2H) usándolos como trazadores naturales y siendo además parte de la hidroquímica, su combinación es indispensable para estudios hidrogeológicos. Los elementos disueltos como los isótopos del agua, permiten tener información sobre la renovación de las aguas en los acuíferos (recarga), identificación de aguas antiguas (origen y edad del agua), interconexiones hidráulicas entre varios acuíferos, mezcla de aguas de origen diferente, hidrodinámica de los acuíferos (flujos y edad), intrusión de aguas marinas en acuíferos costeros, vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, etc.

El estudio de los isótopos ambientales concentra su utilización en determinar posibles orígenes de focos de contaminación por ejemplo en diversos cauces hídricos como las aguas subterráneas.

La composición isotópica de las aguas subterráneas es muy diferente a la composición isotópica de las aguas marinas, lo que le da una marca conservativa que permite el trazado de la mezcla del agua de mar con las aguas subterráneas.²² La incidencia de sales por influencia marina representan una composición química e isotópica compatible con una mezcla agua dulce/agua de mar. Estas muestras tienden a aproximarse a la composición del agua de mar, en caso contrario se podría decir

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

que la salinidad sería motivada por la influencia de efluentes cloacales, riego o otras acciones antrópicas.

Los factores que pueden definir la salinidad de las aguas superficiales y subterráneas, se pueden simplificar a tres: por un lado, el efecto climático, por otro lado los retornos de aguas de riego y como tercer factor la posible mezcla del agua subterránea con agua de mar.²³

Dentro de los isótopos ambientales más estables: $^{18}\text{O}/^2\text{H}$ son los más importantes y son muy buenos trazadores del movimiento del agua y de algunos procesos de fraccionamientos naturales que las afectan. Los procesos que llevan al fraccionamiento isotópico natural del ^{18}O y ^2H se producen principalmente por procesos de evaporación y condensación. Estos procesos se pueden representar gráficamente en un diagrama $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$ donde la diagonal representa la recta meteórica a nivel mundial. Dicha recta representa una ecuación que indica la relación media entre las proporciones de isótopos de hidrogeno y oxígeno en las aguas terrestres naturales.

En el caso de procesos de evaporación donde hay concentración de sales, los valores $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ del agua son más elevados caracterizándose por un aumento en la concentración de cloruros (Cl^-) y se alinean en una recta de menor pendiente, así, por ejemplo, el agua de mar sería más pesada o enriquecida isotópicamente que el agua dulce. En el caso de presencia de sales por disolución de minerales, no se produce fraccionamiento isotópico por lo que las aguas salinizadas por este mecanismo tendrán una composición isotópica similar al agua de recarga. Las aguas meteóricas no cambian su composición isotópica.

Cuando se producen mezclas la composición isotópica del agua salinizada se ubicará sobre una línea de mezcla cuyos extremos serán el agua meteórica (menos salina) y el correspondiente a la fuente salinizadora (más salina) que por ejemplo puede ser agua de mar.

Para analizar el aporte de un análisis isotópico se muestra a continuación un ejemplo de una ciudad cercana a Caleta Olivia. Se analiza una zona salinizada ubicada al oeste de la ciudad de Comodoro Rivadavia (Chubut). La **Figura 22** representa un diagrama isotópico que contiene datos relacionados de diversas muestras denominadas de la siguiente manera: M1 y M2 (Barrios sudeste Comodoro Rivadavia), M3 (zona de nuevos asentamientos), M4 (agua estancada), M5 (agua potable acueducto Musters), M6 (agua cloacal depurada), F1, F2 y F3 (freatímetros).

Los resultados obtenidos del análisis se encuentran todos por debajo de la recta meteórica mundial. Se puede observar que las muestras denominadas M6 y F3 tienen los valores de ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$): (-3.5,-40) ‰ y (-4.5,-45) ‰ respectivamente semejantes a los del agua del acueducto de la localidad proveniente del Lago Musters (M5) (-4.5,-45) ‰, que también abastece a la localidad de Caleta Olivia, por lo que se podría establecer ausencia aparente de contaminación. Las muestras M5 y M6 podrían estar asociadas a procesos de evaporación evidenciados por el enriquecimiento y el aumento de salinidad de M6. Las muestras M1 y M2 serían las más empobrecidas isotópicamente manifestando menor incidencia de sales marinas.²² En el caso de la muestra M3 por proximidad tendría más bien similitudes isotópicas con la muestra F3. La muestra M4 por similitud a los valores asociados al agua de mar presentaría los valores más altos isotópicamente y estaría asociada a

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

incidencias de sales de origen marino. Las muestras F1 y F2 son las más alejadas al agua de mar y tendrían un enriquecimiento isotópico diferente más bien similar al de un agua subterránea.

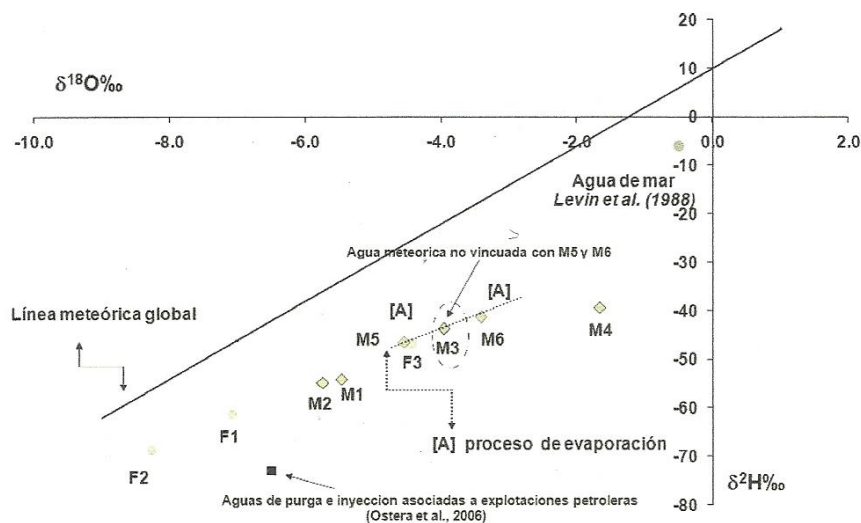


Figura 22. Diagrama isotópico zona oeste Comodoro Rivadavia.

Fuente: AIDIS, 2004.

El nitrógeno es un elemento activo biológicamente que participa en multitud de reacciones vitales para la vida, y que afectan a la calidad de las aguas. Si bien la destrucción de la materia orgánica libera nitrógeno que es oxidado a nitratos, la problemática de contaminación por nitratos está relacionada principalmente con las pérdidas de redes de saneamiento, lixiviados de vertederos urbanos, con el uso de fertilizantes sintéticos y con residuos ganaderos.

El reservorio de nitrógeno atmosférico, corresponde al estándar de referencia, por tanto, su valor será de 0 ‰ (Fig. 22). Al fabricarse los fertilizantes agrícolas a partir del nitrógeno atmosférico, y presentar este proceso un fraccionamiento muy bajo, el valor isotópico del nitrógeno de éstos se encuentra comprendido alrededor del valor del aire (entre +5‰ a - 5‰). De manera similar, el valor del oxígeno del nitrato de los fertilizantes suele estar comprendido alrededor del 20‰, valor correspondiente al oxígeno del aire. En el caso del fertilizante natural "Nitrato de Chile", al corresponder a nitratos formados a partir de oxígeno atmosférico presenta valores más enriquecidos ($\delta^{18}\text{O NO}_3 \sim 50\text{‰}$).

El nitrógeno presenta dos isótopos estables: ^{14}N y ^{15}N . El contenido en ^{15}N de una sustancia se expresa como su desviación isotópica, $\delta^{15}\text{N}$, respecto al estándar del aire atmosférico (AIR). El nitrógeno procedente de efluentes ganaderos o de fosas sépticas o redes de alcantarillado, al proceder de amonio el cual ha sufrido procesos de volatilización importantes, tiene valores de $\delta^{15}\text{N}$ isotópicamente más pesados, con valores comprendidos entre 10 y 20‰ y la $\delta^{18}\text{O}$ del nitrato, suele presentar valores inferiores (0 a 7‰) al de los fertilizantes, ya que generalmente procede de la

nitrificación de los compuestos amoniacales nitrificados a partir del oxígeno del agua y atmosférico (Figura 23).²⁴

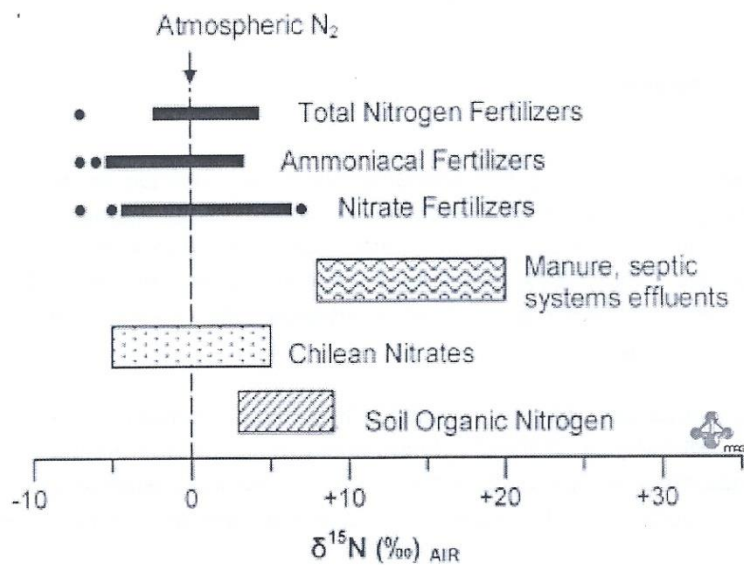


Figura 23. Variaciones en la $\delta^{15}\text{N}$ de los compuestos de nitrógeno en diferentes materiales naturales y compuestos antropocénicos. Las cajas corresponden a las composiciones predominantes, los puntos a datos aislados.

Fuente: Vitória et al., 2004.

Para profundizar este análisis debería complementarse con estudios hidrogeológicos para conocer de las aguas subterráneas lo relacionado a sus condicionamientos geológicos y su captación.

Las herramientas estadísticas entre ellas el análisis multivariado, en especial por componentes principales (PCA), permitiría determinar cuáles son las características de las medidas (parámetros isotópicos y fisicoquímicos) que identifican mejor a las muestras.²²

PROPUESTAS DE MEJORA

Para el tratamiento de desechos cloacales, durante la primera mitad del siglo XX se trató de emular la tecnología de los países desarrollados, pero ésta no funcionó bien. Se construyeron plantas con tratamiento primario (sedimentación) y secundario (tratamiento biológico con biofiltro de lodos activados). La mayoría operaron sólo por periodos limitados y casi nunca se llevó a cabo la cloración de los efluentes. El manejo de los lodos se hizo en forma poco cuidadosa y con mucha frecuencia fueron descargados en los mismos cuerpos de agua que se querían proteger. Muchas plantas terminaron por abandonarse. Esta mala experiencia ha impedido la construcción de nuevas plantas para tratamiento de aguas residuales de una manera sistemática. Sin embargo, siempre hay consultores e ingenieros que se esfuerzan por repetir el intento de introducir el tratamiento de

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

aguas servidas de tipo convencional. En algunos casos logran construir las obras, pero casi nunca logran que estas funcionen de una manera eficiente y sobre todo constante.

El objetivo prioritario de tratamiento de las aguas residuales en los países en vías de desarrollo de Latinoamérica debe ser la remoción de parásitos, bacterias y virus patógenos pues son males endémicos y no la remoción de materia orgánica y nutrientes, que, si es el principal objetivo de tratamiento en los países desarrollados, en los cuales una tifoidea o un caso de parasitismo son excepcionales. La opción tecnológica mediante la cual se alcanza plenamente este objetivo de “no patógenos” corresponde a las lagunas de estabilización.

El manejo y tratamiento de los efluentes fue originalmente aplicado para mejorar la salud pública. Es de esperar acorde a las tendencias mundiales que haya más énfasis en el futuro sobre los aspectos de salud, vinculados con el manejo de los efluentes y su tratamiento⁹. Reconocer que el acceso al agua salubre y a instalaciones sanitarias adecuadas para todos, independientemente de la diferencia de sus condiciones de vida, será una importante batalla ganada contra todo tipo de enfermedades y prevención del ambiente.⁹

Con las siguientes propuestas que surgen de la propia actividad que genera el tratamiento de efluentes cloacales y tomando en algunos casos ejemplos de otros países y/o ciudades se pretende exponer una serie de actuaciones que puedan perdurar en el tiempo y que permitan a la actividad disponer de un mayor control de sus aspectos ambientales y minimizar su impacto en el medio ambiente a través de reducciones en los vertidos y posterior utilización del tratado, minimización de emisiones, generación de residuos, consumos de materias primas, etc.

La principal propuesta de mejora de la planta de tratamiento de la localidad de Caleta Olivia tiene que ver con el funcionamiento total de la misma lo que involucraría no sólo poner en marcha la instalación sino también posteriormente realizar los mantenimientos necesarios acorde a sus requerimientos. Toda mejora debe ir acompañada de un compromiso político y social para controlar los aspectos ambientales de la actividad y así poder minimizar su impacto en la medida de lo posible trabajando en conjunto con la legislación ambiental vigente y fomentando las buenas prácticas ambientales.

Considerando las etapas de los procesos de depuración de los efluentes a continuación se describe diversas propuestas.

Etapa Inicial: Tratamiento

1-Considerar que el efluente está influenciado por la población ayudaría a especificar el tipo de tratamiento acorde a las necesidades de depuración del mismo. De acuerdo a la composición y cantidad del efluente los caminos futuros de desarrollo deberían abarcar reducciones en:

-Área ocupada

-Energía

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

-Impacto sobre los cuerpos receptores

-Producción de lodos

-Olores

-Contaminantes microbiológicos

Se debería dar prioridad a los procesos que ofrezcan un consumo reducido de recursos per cápita y menor impacto ambiental. Los recursos no tienen la misma importancia en todos los casos, así que el consumo de un área ocupada puede ser lo más importante en algunos casos, mientras que el consumo de energía eléctrica puede ser el factor determinante en otros¹¹.

2-La consecuente realización de un proceso anaerobio seguido de un aerobio, es en muchos casos sería lo más adecuado técnica y económicamente, en particular cuando se debieran cumplir condiciones de descarga estrictas y se tienen efluentes mediana o altamente concentrados en materia orgánica como es el caso de Caleta Olivia. La etapa anaerobia removería alrededor del 80 % de la materia orgánica con muy limitados costos energéticos y con una baja producción de lodos de desecho, mientras que la etapa aerobia final llevaría el efluente a la cantidad de descarga deseada, pero con reducido consumo de energía y limitados lodos de purga, ya que estaría procesando solo el 20 % de la materia orgánica que recibe la planta²⁵.

Etapa Final: Efluente depurado

1-Si el destino final del efluente tratado es uso para riego de espacios verdes no es necesario reemplazar hierro en lugar de aluminio como precipitante en la remoción de fósforo ya que para la calidad del efluente en función de su destino no es necesaria dicha acción.⁷

2-El efluente tratado para su posterior uso y aplicación se podría utilizar en la extracción del petróleo ya que, en muchos procesos, asociados a esta actividad, aún todavía se utiliza agua potable⁸.

4-La empresa Carbox contempló la posibilidad de manejar esos lodos en un Landfarming controlado para lograr después de los periodos establecidos un suelo libre de patógenos y de atracción de vectores. Es importante aclarar que esta actividad nunca pudo ser sostenida en el tiempo. A continuación, se realiza un resumen de su principio.

Con el fin de aplicar el barro para uso agrícola como fertilizante y estabilizador del suelo el Landfarming es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública, tampoco perjudica al ambiente. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar los lodos resultantes de una planta de tratamiento en este caso en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactando los lodos para reducir su volumen. Además, contempla los problemas que pueden causar los líquidos producidos, por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

El control de lixiviados es el más importante por causar la posible contaminación de napas, y en el caso de Caleta Olivia la posibilidad que desemboque en el mar, recurso fundamental a preservar por su cercanía con el parque pesquero de donde toman las aguas estas industrias para procesos productivos.

La humedad intrínseca de los lodos fundamentalmente por la infiltración de aguas de lluvia, conformaría un líquido que, al desplazarse a través de los lodos, diluiría y transportaría a su paso elementos contaminantes y bacterias.

A los efectos del diseño de los colectores pluviales, de los líquidos lixiviados y de su posterior tratamiento, se realizaría un balance de las aguas intervinientes, utilizando modelos matemáticos para determinar los espesores y calidad de los materiales a utilizar en cada capa. Los modelos utilizarían datos como:

-Evapotranspiración

Se calcula en base a la profundidad de la zona de evaporación y del índice de cobertura de hojas.

-Precipitación

-Temperatura

-Radiación solar

-Área del relleno

-Materiales a utilizar

Tener en cuenta la conductibilidad hidráulica, porosidad, capacidad de campo y punto de marchitamiento.

-Pendiente y

-Longitud de las capas drenantes

La planta de tratamiento entregaría como resultado de su proceso de depuración un barro biológico con alto contenido de nutrientes agrícolas.

A través del tratamiento del suelo se podría construir viveros de especies forestales en esa área fuertemente enriquecida. También esta idea estaba orientada a aceptar en este Landfarming barros provenientes de otras plantas de tratamiento de líquidos cloacales, o de plantas de agua, como fuente adicional de ingresos (capacidad excedente).

En cuanto a las limitaciones:

Los suelos debían demostrar capacidad de degradación. Podían ser loess arenosos, loess y loess limosos. Los suelos arcillosos pueden inmovilizar iones y metales, pero son susceptibles a la erosión, tiene baja permeabilidad y no deben ser trabajados cuando están húmedos.¹³

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

El contenido de agua en el suelo: Cualquier incremento en la infiltración del agua en el suelo debía ser evitado a fin de garantizar el tiempo de residencia óptimo del residuo en la capa activa, permitiendo que el residuo sea biodegradado y/o inmovilizado.⁴

5-La siguiente propuesta se encontró enmarcada en el proyecto de desarrollo tecnológico Municipal-2009.

El proyecto se denominó *“Tratamiento de efluentes cloacales para riego de espacios verde en la ciudad de Caleta Olivia”*. Dicho proyecto no perduró en el tiempo por cuestiones de índole políticas, pero a continuación se realiza un resumen de su principio. Consistió en utilizar aguas servidas domiciliarias para ser tratadas y posteriormente destinarlas al riego de un espacio verde a construirse: el “Parque Central” de la ciudad. El mismo se encontró en la zona denominada “Primera Laguna” situándose al oeste de la ciudad (área total de 100 m²) (**Figura 24 y 25**). El proyecto consistió en la instalación de una planta modular de tratamiento. El objetivo del proceso fue reducir el aporte de agua potable destinada a riego. Se utilizó un sistema de riego subterráneo evitando que la población tenga contacto directo con el agua. La planta tuvo la capacidad de proveer el 100% de las necesidades de agua de la forestación abarcando un área de 5000 m² y se contempló que en caso de exceso de humedad el agua podía reinyectarse al sistema de desagüe existente.²⁶

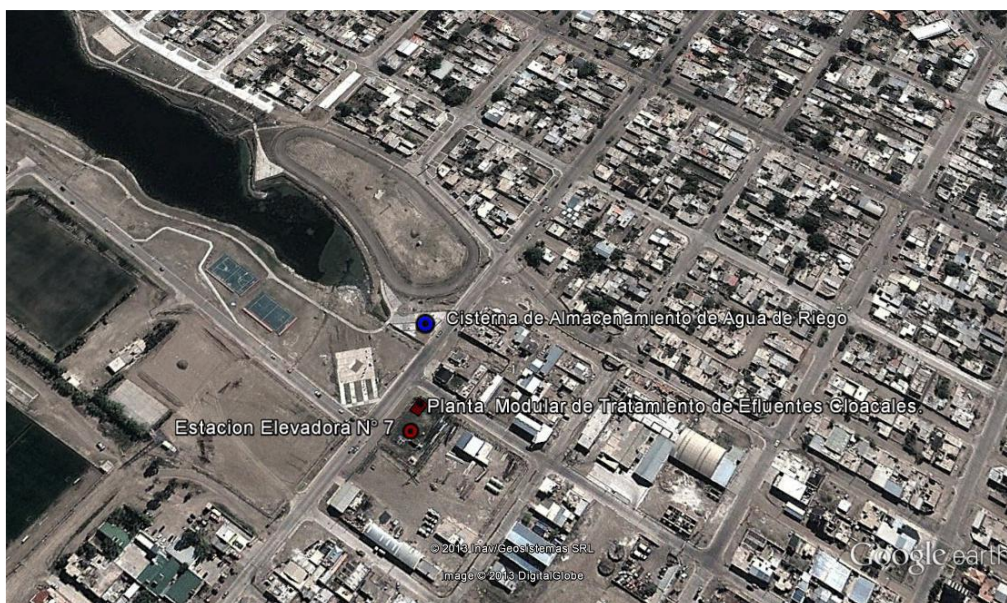


Figura 24. Ubicación de Planta Modular en cercanías de la primera Laguna-Caleta Olivia.

Fuente: Google earth.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro



Figura 25. Planta Modular ubicada en el predio del sector Energía de SPE (Estación Elevadora n° 7).
Fuente: Google earth.

CONCLUSIONES

- ✓ Es fundamental reconocer la importancia del correcto tratamiento de los residuos cloacales para así poder contemplar el cuidado del ambiente y la protección de la salud pública.
- ✓ Los desechos humanos son tóxicos para el ambiente, de aquí surge la iniciativa de tratarlos adecuadamente para minimizar el impacto negativo. Sería importante que a través de una educación ambiental los sectores de nuestra sociedad tomen conocimiento cabal de los riesgos de exposición para la salud y ambiente a los cuales están sujetos sin un tratamiento previo de los residuos cloacales generados.
- ✓ Es importante considerar que el tipo de tratamiento que debe realizarse en cuanto a la depuración de los efluentes cloacales y la dimensión de las redes de desagües cloacales depende de la cantidad y composición de los mismos. Esta caracterización se relaciona directamente con su origen, es decir, el tipo de población. Los efluentes cloacales pueden estar asociados a los siguientes orígenes: aguas de uso doméstico, residuos humanos y residuos no domiciliarios.
- ✓ El correcto tratamiento de los efluentes debe ir asociado a un Plan de Gestión Ambiental (PGA) para así poder evaluar e identificar los impactos negativos que pueden generarse de la actividad.
- ✓ Los parámetros químicos de interés a la hora de establecer la calidad del agua depurada, en particular: DBO, DQO, N y P. También son importantes en esta temática, los parámetros bacteriológicos.
- ✓ La planta de Caleta Olivia fue inaugurada en el año 2004 para contemplar el tratamiento de los efluentes cloacales asociados a una población de 49.457 habitantes, población que en la actualidad se ve ampliamente superada.
- ✓ El mantenimiento de las instalaciones de la planta estaba a cargo de Servicios Públicos del Estado (SPE).
- ✓ El sistema de tratamiento de efluentes cloacales propuesto por SPE, tenía como objetivo mejorar la calidad de los efluentes que son volcados al mar y permitir el aprovechamiento de las cualidades depuradoras del cuerpo receptor para degradar fácilmente los efluentes tratados mediante una mayor difusión más alejada de la costa.
- ✓ El tratamiento general de la planta instalada se basaba en un tratamiento primario, seguido de una oxidación biológica por cámara de aireación, sedimentación secundaria, cloración del efluente, purga de lodos y disposición final.

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

- ✓ La planta de tratamiento contaba con una tecnología innovadora para la época. Había muy pocas en el país. Contaba con un sistema de telesupervisión SCADA que permitía visualizar y tener control sobre la planta.
- ✓ El principal origen de los efluentes cloacales de la ciudad de Caleta Olivia es domiciliario y no así de origen industrial.
- ✓ El marco legal que involucra la legislación en cuanto al tratamiento de efluentes cloacales en Caleta Olivia es correcto ya que el mismo se fundamenta principalmente en las leyes a nivel nacional y provincial complementándose de manera específica a través de ordenanzas municipales. Se podría contemplar la efectividad de las mismas para ejercer un mayor control sobre la actividad.
- ✓ Desde el año 2013 la planta de tratamiento se encuentra fuera de funcionamiento por motivos económicos lo que contribuyó a la falta de mantenimiento de las instalaciones.
- ✓ Si bien hubo intentos de restablecer la actividad por parte de las autoridades provinciales (Boletín Oficial 12-03-2015) no se han podido concretar aún.
- ✓ Ante el aumento desmedido de la población de la ciudad, se producen diversos derrames en las redes de desagües cloacales barriales. Esta situación es evidenciada diariamente por los vecinos de la ciudad.
- ✓ La ausencia de tratamiento puede exponer a la población a la presencia de diversas bacterias asociadas a enfermedades como el cólera, hepatitis, etc. Es prioritario eliminarlas para evitar consecuencias en la salud de la población.
- ✓ Actualmente la descarga del efluente se realiza directamente en el mar a través de un emisario submarino que se encuentra roto realizando la descarga en la zona de recreación afectando al ambiente y a la salud de las personas.
- ✓ Para suplir la ausencia de tratamiento existen alternativas diversas, algunas llevadas a cabo en el país, que se basan principalmente en la instalación de depuradoras de baja capacidad para tratar los efluentes y utilizarlo posteriormente por ejemplo para agua de riego de espacios verdes.
- ✓ Se necesita de la toma de decisiones políticas y económicas para iniciar la transformación de la situación actual que atraviesa la ciudad y poder así brindar un ambiente sano.

BIBLIOGRAFIA

1. Romero Rojas, Jairo A.1994. Lagunas de estabilización de aguas residuales. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Cap. 4. pág. 99. ISBN 958 8060 50 8.
2. Galvín, R.2004.Control de calidad en las aguas residuales y regeneradas: parámetros a controlas en función de las normativas aplicables y nuevas tendencias. TecnoAgua N°5:50-63.
3. Bonil, J; Sanmartí, N. Tomás, C. Pujol, RM. 2004. Un nuevo marco para orientar respuestas a las dinámicas sociales: el Paradigma de la Complejidad. Investigación en la Escuela nº 53. pág.20
4. Carlos Buxadé Carbó. 1995. Genética, Patología, Higiene y Residuos Animales. Mundi-Prensa Libros. pág.348.
5. La web de Caleta Olivia. Ubicación Geográfica. 2015. (Disponible en: <http://www.caletaweb.com.ar/geografia>).
6. García, M.; Raimondo, A.; Monti, A.; Veneziano, M.; Eraso, M.; Cucchiaro, M.A.; Malerba, S.; Ayroldi Chenot, M. G.; García Ledesma, L.; Pérez, E. y Figueroa, C. 2012. Usos, actividades y conflictos costeros en Caleta Olivia. Aportes para su gestión ambiental. pág. 65-84.
7. Empresa Carbox.2004. Planta de tratamiento de efluentes Caleta Olivia. Buenos Aires. Empresa Carbox.
8. Entrevista concedida por SPE.
9. CIEA. 1987. Conferencia Internacional de Educación Ambiental, Moscú.
10. Sistemas de Tratamientos por Dilución de Efluentes Cloacales-AySA. 2008. pág. 92-105.
11. Mogenz, H. 1997. Tratamiento de efluentes. Tendencias de avanzada. pág.18-21.
12. Suad, C; Donnoli, C; Robles, C; Plotnik, S; Mouline, N.1997. Informática interactiva para el diseño de redes cloacales. Experiencia de Buenos Aires. Ingeniería sanitaria y ambiental. pág.18-27.
13. Carbox Ingeniería de procesos. 2004. Conceptos innovadores en aireación para la planta de tratamiento de efluentes de Caleta Olivia, Santa Cruz, Argentina. Ingeniería sanitaria y ambiental. pág.34-40.
14. Resultados del Censo. 2010, INDEC / REDATAM.
15. Beltrán, N; Jiménez, B.2008. Faecal coliforms, faecal enterococci, *Salmonella typhi* and *Acanthamoeba* spp. UV inactivation in three different biological effluents. Water SA. pág. 261-269.
16. Bolster, CH; Walker, SL; Cook KL. 2006. Comparison of *Escherichia coli* and *Campylobacter jejuni* transport in saturated porous media. Journal of Environmental Quality. pág. 1018-1025.
17. Martí, J.2005. Emisarios submarinos vs. Tratamiento. Evaluación de impacto ambiental. Ingeniería sanitaria y ambiental. pág.129-134.
18. Ludwig, R.G. 1988. Evaluación del Impacto Ambiental Ubicación y diseño de emisarios submarinos (Informe N° 43.1-37). London: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y

Gestión ambiental de residuos cloacales en la ciudad de Caleta Olivia, historia, presente y futuro

Ciencia del Ambiente (CEPIS) Organización Panamericana de la Salud División de Salud y Ambiente.

19. Gobierno de la Provincia de Santa Cruz, Ministerio de la Secretaria General de la Gobernación, Boletín Oficial. Santa Cruz (Río Gallegos). Dirección General Boletín Oficial e imprente Augusto Director General René Cárcamo, marzo 2015. Disponible en internet: <http://www.santacruz.gov.ar>.
20. Estrucplan on line. Los problemas de las aguas contaminadas. 2005. (Disponible en <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/verarticulo.asp>).
21. Morell, N; Santiago, J.2004. Tratamiento de aguas residuales en zonas costeras mediante infiltración rápida en arenas. Ingeniería Sanitaria y Ambiental. pág.70-77.
22. Pérez, B; Ríos, S.2014. Hidroquímica e isotopía de las aguas superficiales y suelos salinizados de la Cuenca Costera del Grupo Sur, vertiente atlántica. Ingeniería Sanitaria y Ambiental.pág.55-63.
23. Instituto Geológico y Minero de España.2003. Estudio Hidrogeológico para la definición de áreas sobreexplotadas o en riesgo de sobreexplotación en la zona baja del este de Gran Canarias.pág.37-54.
24. Otero, N; Torrento, C; Soler, A; Menció, A; Mas-Pla J. 2009. Monitoring groundwater nitrate attenuation in a regional system coupling hydrogeology with multi-isotopic methods. The case of Plana de Vic (Osona, Spain). Agriculture Ecosystems and the Environment.pág.103-113.
25. Robles, A.1998.Anaerobio versus Aerobio, un debate (casi) superado. Biologico versus primario avanzado, ¿El nuevo debate? Instituto de Ingeniería. Universidad Nacional de México (UNAM). pág.62-65.
26. MINCyT.2009. Tratamiento de efluentes cloacales para riego de espacios verdes. Caleta Olivia. Proyectos de Desarrollo Tecnológico Municipal-DETEM.

