



PROVINCIA DE CHUBUT

TECKA

PROYECTO

PLANTA DEPURADORA

NEUQUEN, 01 de septiembre de 2014

MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO

1) OBJETIVOS DEL PROCESO

El agua es, como ya sabemos, una sustancia necesaria y vital para los seres vivos ya que por un lado nos hidrata y por otro constituye un aporte de sales minerales que regulan el buen funcionamiento del organismo. Sin embargo, el agua también es, junto con el aire, uno de los mayores vectores de transmisión de enfermedades y agentes patógenos por lo cual es de suma importancia un control exhaustivo así como un correcto y adecuado tratamiento de desinfección que elimine cualquier tipo de riesgo asociado a la ingesta de agua.

Los procesos oxidativos avanzados se presentan como una excelente opción para el tratamiento de efluentes cloacales, como es el caso de conglomerados urbanos que tienen una alta carga orgánica para degradar, pues combinados con los procesos convencionales permiten una remoción más rápida y efectiva.

La función principal de éstos es producir el oxígeno necesario para la estabilización pero a su vez, garantizar la agitación correspondiente para mantener los sólidos en suspensión y así facilitar el contacto entre la materia a degradar y los microorganismos. Sumado a esto último, el sistema presenta una notable mejora en el control de olores.

El sistema a incorporar consta de aireadores mecánicos sumergidos compuestos por bombas sumergibles y eyectores tipo venturi. La incorporación del oxígeno al sistema, se produce a través de una mezcla aire – ozono de la siguiente manera: el aire ambiente es succionado por el venturi desde el exterior y se incorpora a un gabinete generador de ozono. Con esto se logra la degradación biológica, promoviendo la reducción de DBO, DQO, algunos compuestos recalcitrantes y eliminación de compuestos volátiles que producen olores indeseables, entre otros. La dosis y el tiempo de contacto, varían en relación al caudal y la carga de contaminantes a degradar.

El ozono se produce a partir del aire ambiente con una eficiencia de generación de entre 0.8 – 4.6 % a partir de aire.

Su uso en plantas de tratamiento, tiene ventajas y desventajas que vale la pena enumerar:

- **Ventajas**

A) Transforma oxidativamente los compuestos, haciéndolos más biodegradables.

- B) Modifica elementos recalcitrantes, en partículas biodegradables.
- C) Elimina el olor indeseable del efluente, y por ende la contaminación ambiental.
- D) Se utiliza un 70 % menos energía eléctrica que otros métodos convencionales. Dado que el equipamiento usado es de menor consumo energético.
- E) Reducción en más de 90% de la contaminación sonora en el proceso, comparada con la aireación convencional.
- F) Bajo mantenimiento, y optimización de costos operativos.
- G) Optimización de los recursos humanos, por automatización de los procesos.
- H) Desinfección y/o tratamiento con mínima utilización de productos químicos.
- I) Permite la reutilización del efluente en sistemas aptos de riego. Permitiendo la forestación del área.
- J) Es ecológico, pues su único residuo es oxígeno.

- Desventajas

- A) Análisis cualitativo de ingreso de agua al sistema para verificar la presencia de elementos que entorpezcan el tratamiento.
- B) Su mantenimiento y reparación requiere de mano de obra capacitada.
- C) Elementos químicos como el boro y el cromo, cambian a un estado oxidativo perjudicial.

2) MEMORIA DESCRIPTIVA

Resumen del tratamiento

El sistema de tratamiento consiste en una fuerte oxidación por efecto del ozono, para lograr en una primera etapa una considerable reducción de la DQO recalcitrante, seguida de una fuerte reducción de la DBO y, por último una etapa de clarificación y desinfección final.

La planta estará compuesta de reservorios aptos para el tratamiento, y el equipamiento de aireación y equipos de ozono para tal fin:

1) Cámara de carga y de Rejas

Los líquidos crudos llegarán a una cámara de carga de aproximadamente 3 m³. Luego, previo al ingreso del tanque aeróbico se construirá una canal de rejillas de limpieza manual.

El objetivo de las mismas es retener los elementos sólidos como arena y los más finos que ingresan desde el sistema colector, para así, evitar que ingresen al sistema ya que podrían ocasionar inconvenientes operativos y a equipos interfiriendo en el normal funcionamiento del tratamiento.

2) Pileta de Aireación

Lodos activados en aireación convencional. La remoción biológica de materia orgánica se realiza en el tanque de aireación mediante el sistema de lodos activados. Este sistema consiste básicamente en la mezcla de aguas servidas con una masa de microorganismos en condiciones aeróbicas, que son capaces de metabolizar y destruir los principales contaminantes de las aguas crudas. En el tanque se instalarán las bombas para la insuflación de una mezcla aire-ozono para suplir los requerimientos de oxígeno, asegurar la mezcla y suspensión de la masa biológica, como así también el control de olores y reducción de la DQO recalcitrante por la oxidación química del ozono.

3) Sedimentador Secundario

En el Sedimentador secundario se produce la separación de la biomasa del agua clarificada. El procedimiento se basa en la separación por acción de la gravedad de las partículas suspendidas (biomasa), cuyo peso específico es mayor que el agua. El agua clarificada se deriva a la etapa de desinfección.

Por su parte, los lodos sedimentados se recircularán a la cabecera del reactor para mantener el contenido de microorganismos en el licor de mezcla, o se derivarán al digestor de lodos.

4) Cámara de Contacto – Desinfección Final

Para la desinfección del efluente se utilizará una cámara a fin de dar el tiempo necesario para el contacto entre el líquido tratado y el desinfectante.

La desinfección se podrá materializar mediante la aplicación de cloro y ozono. Esta combinación permite no solo un efluente con alta oxigenación, sino también minimizar los riesgos de la formación de cloraminas y trihalometanos producido por el uso excesivo de cloro.

5) Digestión de Lodos.

El objetivo principal de la estabilización de los lodos por digestión aeróbica es la reducción de los SSV y la cantidad de lodo a evacuar.

El sistema propuesto es totalmente aeróbico, evitando la generación de olores, y la emanación de sulfuros y metano al medioambiente, haciéndolo totalmente ecológico.

6) Deshidratación de lodos (playas de Secado).

Se utilizan para la deshidratación de los lodos provenientes del digestor aeróbico.

MEMORIA DE CÁLCULO

Parámetros de diseño

Población

En base al requerimiento del proponente, se tomó como Población de Diseño **2.500 habitantes.**

Dotación

Con igual criterio que en el párrafo anterior tenemos:

$$D = 320 \text{ lts} / \text{habxdía}$$

Se ha considerado una dotación media de agua potable de 320 l/hab.día, en base a datos de consumo para zonas urbanas

Caudales de diseño

Caudal medio diario

Para el cálculo del caudal medio diario, se utilizará la siguiente expresión:

El caudal medio diario doméstico Q'_{cn} para el año n se determina por la siguiente expresión:

$$Q'_{cn} = P_{Sn} \times \text{dot.} / 86.400$$

Dónde:

P_{Sn} = población a servir al final del año n.

dot. = dotación media de agua para el año n (320l/hab. día)

$$Q'_{cn} = (2500 \text{ hab} \times 320 \text{Lts/hab.día}) / 86.400 = 9.26 \text{ lts/seg.}$$

Caudal máximo diario

Este caudal permite definir la capacidad de las instalaciones de bombeo y, en general, de todas aquellas unidades donde existan volúmenes que puedan regular el efecto de los caudales máximos horarios Q_{EN} .

$$Q_{Dn} = \alpha \times Q'_{cn}$$

Dónde:

$$\alpha = 1,40$$

$$Q_{Dn} = \alpha \times Q'_{cn} = 1,40 \times 9.26 \text{ lts/seg} = 12.96 \text{ lts/seg.}$$

Adoptando un coeficiente de retorno de **0.8**; tenemos los siguientes valores de caudales ingresantes:

Caudales	Litros/seg	M3/d
Caudal Medio	7.41	640.22
Caudal Medio Diario	10.37	895.97

Carga Orgánica Ingresante

Se adopta una carga per cápita de 60 g/hab. D, para el cálculo de la DBO_5 ingresante; obteniéndose el siguiente resultado:

Se adoptan los siguientes valores para calcular el Volumen del reactor:

Parámetros	Afluente
DBO (mg/l)	187.50

Sólidos suspendidos volátiles en el líquido mezcla del reactor = 3000 MG/l.

Sólidos suspendidos totales en el líquido mezcla = $3.000 / 0.75 = 4000$ MG/l

Cálculo de la geometría del reactor, siguiendo el criterio de diseño de Metcalf& Eddy.

El reactor se calcula como de mezcla completa.

Cálculo de la eficiencia global:

DBO₅ Afluente = 187.50 MG/l

DBO₅ Efluente = 10 MG/l

$$E_{\text{global}} = (187.50 - 10) / 187.50 = 0.946 = 94.6 \%$$

Cálculo del volumen del reactor

$$V_R = \frac{\theta_c^d * Q * Y * (S_0 - S)}{X * (1 + K_d * \theta_c^d)}$$

$$\theta_c^d = 20 \text{ días}$$

$$Q = 640.22 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Y = 0.65$$

$$S_0 = 187.50 \text{ gr./m}^3$$

$$S = 10 \text{ gr./m}^3$$

$$X = 3000 \text{ MG/l}$$

$$K_d = 0.06 \text{ días}^{-1}$$

$$V_R = \frac{20 * 640.22 * 0.65 * (187.50 - 10)}{3000 * (1 + 0.06 * 20)} = 224 \text{ m}^3$$

Se adopta un tirante líquido de 2,5 metros,

- Longitud: 15 metros
- Ancho: 6 metros
- Volumen Útil= 225 m³
- Volumen Total: 270 m³ (Alt. Total: 3m)

Tiempo de retención hidráulico

Este parámetro no se utiliza como elemento de control ni de diseño, en este caso particular es

$$h = \frac{m^3_{\text{reactor}}}{Q \frac{m^3}{\text{día}}} = \frac{225 m^3}{640.22 \frac{m^3}{\text{día}}} = 0,35 \text{ días} \sim 8.45 \text{ horas.}$$

Cálculo del caudal de recirculación de barros.

La relación entre los sólidos suspendidos volátiles y los sólidos suspendidos totales en el reactor es:

$$\frac{SSVLM}{SSTLM} = \frac{3}{4}$$

Como la concentración en el reactor de SSVLM de diseño es de 2.500 MG/l, los SSTLM son: $4/3 * 3000 = 4000$ MG/l

El balance de masa, para mantener 4000 MG/l de SST en el reactor es:
 $4000 * (Q + Q_R) = 9.000 Q_R$ (concentración del lodo de retorno de 9000 mg/l)

$$\frac{Q + Q_r}{Q_r} = \frac{9}{4.0}$$

Q = caudal afluente

Q_R = Caudal de recirculación desde el fondo del sedimentador.

$$\frac{Q}{Q_r} + 1 = \frac{9}{4.0}$$

$$\frac{Q}{Q_r} = \frac{9}{4.0} - 1 = 1.25$$

$$Q_r = 0.8 Q = 0.8 * 640.22 = 512.18 \text{ m}^3/\text{día} = \mathbf{21.34 \text{ m}^3/\text{h}}$$

La concentración de sólidos totales en la corriente de retorno de barros, así como el caudal de recirculación, y la cantidad de barros purgados, son las variables de control del proceso biológico.

Masa de O₂ teórica requerida para la oxidación (S/Metcalf&Eddy)

Cantidad de barro a purgar

Coefficiente real de crecimiento de biomasa

$$Y_{obs} = \frac{Y}{(1 + K_d * Trc)}$$

➤ Y_{obs}: 0.295

Producción de barro (masa de barro a purgar para mantener los SSV fijos)

$$Px = Y_{obs} * Q * (S_0 - S_e) * 0.001 \text{ kg/g}$$

Lodo a Purgar: 33.52 KgSSV/d ; es decir, 44.7 KgSST/d

Considerando una concentración de 9 Kg/m³ para el lodo proveniente desde el fondo del Sedimentador, el caudal a purgar resulta ser **4.97 m³/d.**

Oxígeno requerido

$$KdO_2/d = \frac{Q * (S_0 - S_e)}{f} - 1.42 * Px$$

f= DBO5/DBOtotal : 0.5

Kg O₂/d= 134.40 5.60 kg/O₂/hora

- ✓ Se construirá una pileta de mampostería, con una capacidad de **225 m³**, esta pileta tiene 15.0 mts. de largo x 6.0 mts. de ancho x 2.5 mts. de profundidad útil.
- ✓ En la misma se instalarán 2 (dos) bombas de 2,2 kW (3.0HP) cada una, con venturi y difusor, con una capacidad de inyección de aire en profundidad de 72m³/h cada una, conectadas mediante dos venturis individuales a un equipo de ozonización de 48UTS. c/u.-
- ✓ Esta instalación se efectuara mediante el sistema de cámara seca. Es decir instalando las bombas en una sala contigua a la pileta que permitirá el acceso y las tareas de mantenimiento si estar en contacto con el efluente contenido en la pileta.-
- ✓ Se ha establecido la selección de bombas similares que puedan cumplir con los distintos requerimientos a fin de facilitar las tareas de mantenimiento y estandarizar los stock de repuestos.-

Sedimentador secundario

Los sedimentadores secundarios, en procesos de barros activados, se calculan con los siguientes parámetros:

	Valores medios		valores de punta
Carga superficial ($C_{s \text{ media}}$):	16 – 32	$C_{s \text{ media}}$	< 40 – 48 $\frac{m^3}{m^2 * día}$
Carga másica (C_m)	3 – 6	C_m	< 9 $\frac{Kg}{m^2 * hora}$

Los sedimentadores secundarios se calculan con el caudal afluyente a la planta, ya que el caudal de recirculación se extrae por el fondo del mismo y no contribuye a la velocidad ascensional del barro, pero la cañería de alimentación debe calcularse con $Q_s = Q + Q_r$.

$$Q_s = Q + Q_r \longrightarrow Q/Q_r = 1.25 \longrightarrow Q_r = 0.8 Q \longrightarrow Q_s = 1.25 Q$$

Área del sedimentador

$$A = \frac{Q_{\text{medio}}}{C_s} = \frac{640 \cdot 22}{22} \frac{\frac{m^3}{día}}{\frac{m^3}{m^2 * día}} = 29.10 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{Q_{\text{punta}}}{C_s} = \frac{895 \cdot 97}{40} \frac{\frac{m^3}{día}}{\frac{m^3}{m^2 * día}} = 22.40 \text{ m}^2$$

La carga superficial a caudal medio se toma a 22 y a caudal de punta a 40 $m^3 / (m^2 * día)$

En base a la carga másica:

Carga másica (Cm) 3 – 6 < Cm < 9 $\frac{Kg}{m^2 * hora}$

La concentración de sólidos afluentes al Sedimentador es de 4 $\frac{Kg}{m^3}$

A caudal medio

$$A = \frac{(Q + Qr)_{medio}}{C_m} = \frac{640.22 + 512.18}{5} \frac{\frac{m^3}{día}}{Kg} * \frac{4.0Kg}{m^3} * \frac{día}{24horas} = 38.40 m^2$$

A caudal de punta

$$A = \frac{(Q + Qr)_{punta}}{C_m} = \frac{895.97 + 716.77}{9} \frac{\frac{m^3}{día}}{Kg} * \frac{4Kg}{m^3} * \frac{día}{24horas} = 29.85 m^2$$

Se adoptó un Sedimentador troncopiramidal con las siguientes dimensiones:

- **Área Superficial: 38 m²**
- **Longitud: 8 metros**
- **Ancho: 4.75 metros**
- **Profundidad lado recto: 3.0 m**

Volumen útil aprox.: 85.5 m³

- ✓ Se construirá una pileta tronco piramidal de mampostería, con una capacidad de 85.5 m³, esta pileta tiene 8.0 mts. de largo x 4.75 mts. de ancho x 3.0 mts. de profundidad del lado recto.
La recirculación y extracción de los barros producidos se realizara mediante 2 (dos) bombas cloacales de 3 HP.

Cámara de contacto

Caudal medio diario: 640.22 m³/d, a fin de lograr un tiempo de contacto de aproximadamente 30 minutos, resulta una cámara las siguientes medidas:

- **Volumen Útil: 18.0 m³**
- **Longitud: 6.0 metros**
- **Ancho: 3.0 metros**

➤ **Profundidad útil: 100 cm**

Volumen Total: 27.0 m³

- ✓ Se construirá una pileta de mampostería, con una capacidad total de 27.0 m³, esta pileta tiene 6.0 mts. de largo x 3.0 mts. de ancho x 1.5 mts. de profundidad, con 5 tabiques internos. Se evaluara convenientemente la aplicación de hipoclorito como adicional para la desinfección.
- ✓ Sobre el final de esta pileta se instalaran 2 (dos) bombas de 0.8Kw (1.1HP) con venturi y difusor, con una capacidad de inyección de aire en profundidad de 15m³/h cada una, conectadas individualmente a un equipo de ozonización de 48UTS.

Digestor de Lodos

Trh: 10-15 días

Tomamos 12 días

Reducción del 40-45 % de los SSV

Caudal barro purgado: 4.97 m³/d

Masa SST: 44.7 KgSST/d

Masa SSV: 33.52 KgSST/d

Dimensiones adoptadas:

- **Largo: 6.0 metros**
- **Ancho: 4.0 metros**
- **Altura: 2.5 metros**
- **Volumen Útil del digestor: 60 m³**

Reducción SSV (40%): 13.40 KgSSV/d

Aire requerido: 2.3 kg O₂/KgSSV destruido

Oxigeno requerido para digestión: 13.40 KgSSV/d*2.3 kg O₂/KgSSV destruido

- **Total: 30.82 Kg O₂/d**

- ✓ Se construirá una pileta de mampostería, con una capacidad de 60 m³, esta pileta tiene 6.00 mts. de largo x 4.00 mts. de ancho x 2.5 mts. de profundidad. En la misma se instalarán 1 (dos) bomba de 2,2 Kw (3.0HP) con 2 venturi y 2 difusores, con una capacidad de inyección de aire en profundidad de 36 m³/h cada uno, conectadas individualmente a un equipo de ozonización de 48 UTS, para desactivación de los lodos, con una reducción de los SSV en un 40-45%.

Playas de Secado de Barros

Utilizando el criterio del área necesitada por habitante, y considerando las recomendaciones de las Normas aplicables en la materia, asumimos una superficie per cápita de 0.08 (m²/hab).

Superficie de las playas: 0.08 m²/hab*2.500 hab. = **200 m²**

Adoptando tres (3) playas, resultan las siguientes dimensiones para cada una:

Largo: 12 metros

Ancho: 5.5 metros.