



CÁLCULOS BÁSICOS PARA OPERACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) CANELONES



ELABORADO POR:

José Abefase

Supervisor De Producción

ENERO 2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2
		Página 2 de 23

1. CÁLCULOS BÁSICOS Y CONTROL DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

En el presente capítulo se presentan los cálculos básicos de rutina para el control del proceso de lodos activados, los cuales deberán quedar debidamente registrados en las planillas de seguimiento y control incluidas.

Es importante resaltar que los cálculos aquí detallados se realizarán en base al valor de SST y no a los SSV, que estrictamente es el valor de SS que interviene en la asimilación y degradación de la materia orgánica (masa biológica activa). Este criterio se basa en que el valor de SST es de más sencilla y rápida determinación para el operario, y en que la relación SSV/SST tiene un valor aproximadamente constante para este tipo de proceso y agua residual del tipo doméstico, situándose en el rango de 0.7-0.8.

Así, la adopción de los SST como parámetro de control resulta adecuado y suficiente para una operación satisfactoria del sistema, pudiendo afectarse dicho valor por el factor antes mencionado de 0.7-0.8 para obtener el valor de SSV. Igualmente, dicho rango debería verificado y calculado con cierta periodicidad para descartar incurrir en un error.

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2 Página 3 de 23
--	---	--

1.1. Cálculo de la recirculación de lodos

El caudal de recirculación de lodos se determina asumiendo un estado estacionario del sistema, es decir que no existe acumulación ni pérdida de lodos (masa biológica) en el mismo.

Esto se expresa mediante la siguiente expresión, que resulta de realizar un balance de sólidos en el reactor despreciando los SS en el afluente bruto:

$$SST_{Reac} * (Q + Q_R) = SST_{Sed} * Q_R$$

En donde,

SST_{Reac} – Sólidos Suspendidos Totales en los reactores, en mg/l (rango 3000 a 6000 mg/l)

SST_{Sed} – Sólidos Suspendidos Totales en el sedimentador, en mg/l (rango 8000 a 12000 mg/l)

Q – Caudal afluente a la planta

Q_R – Caudal de recirculación (bombas de recirculación de lodos)

Al cociente

$$\frac{Q_R}{Q} = R$$

lo llamaremos relación de recirculación R , y sustituyendo en la ecuación anterior, se llega a la siguiente expresión:

$$\frac{R}{1 + R} = \frac{SST_{Reac}}{SST_{Sed}}$$

De donde se despeja el valor de R , la única incógnita de la misma. Por tanto, para su determinación es necesario conocer el valor de SST en los reactores y Sedimentadores.

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2
		Página 4 de 23

En caso de recircular el valor de R obtenido, se tenderán a mantener los valores de SST en reactores utilizados para el cálculo, es decir se mantendrá el estado estacionario en lo que refiere a los lodos en el sistema. El caso de recircular un valor menor, la concentración de SST en el reactor tenderá a disminuir; por el contrario, en caso de recircular un valor superior, la concentración de SST en el reactor tenderá a aumentar.

Esta decisión deberá complementarse a su vez con el valor de la relación F/M, de modo de mantener el mismo dentro de los rangos usuales para este tipo de proceso (lodo activado en la modalidad de aireación extendida).

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2
		Página 5 de 23

Ejemplo 1

Sean los siguientes valores:

$$SST_{Reac} = 3000 \text{ mg/l}$$

$$SST_{Sed} = 8000 \text{ mg/l}$$

$$Q = 150 \text{ m}^3/\text{h}$$

Sustituyendo en la ecuación

$$\frac{R}{1+R} = \frac{3000}{8000} = 0.375$$

Despejando obtengo

$$R = \frac{SST_{Reac}}{SST_{Sed} - SST_{Reac}} = \frac{3000}{8000 - 3000} = 0.6$$

$$R = 0.6$$

Entonces el caudal de recirculación es:

$$Q_R = R * Q = 0.6 * 150 \text{ m}^3/\text{h} = 90 \text{ m}^3/\text{h}$$

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2
		Página 6 de 23

1.2. Cálculo de la recirculación de licor mezcla

La función de la recirculación de licor mezcla o de denitrificación, es retornar a la zona anóxica del reactor los nitratos formados en la zona aerobia, los cuales son “respirados” y convertidos a nitrógeno gaseoso.

La eficiencia de denitrificación está muy asociada a la cantidad de nitrato que es recirculado a la zona anóxica, según la siguiente fórmula:

$$YNO_3 = \frac{(R + r)}{(1 + R + r)}$$

En donde:

YNO_3 – Eficiencia máxima teórica de remoción de nitratos

R – Fracción de recirculación de lodo

r – Fracción de recirculación de licor mezcla para denitrificación

De la ecuación anterior, la incógnita generalmente viene dada por la fracción de recirculación de licor mezcla r , ya que la fracción de recirculación de lodo viene dada por el cálculo realizado en el punto anterior, mientras que la eficiencia de remoción de nitratos viene dada por la concentración de nitrógeno en el afluente (NKT – Nitrógeno Kjeldhal Total) y la máxima concentración admisible en el efluente según los requerimientos de diseño (N total).

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2
		Página 7 de 23

Ejemplo 2

Sean los siguientes valores:

$$NKT \text{ Afluente} = 50 \text{ mg/L}$$

$$N \text{ Total efluente (NE)} = 15 \text{ mg/L}$$

$$Q = 150 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_R = 90 \text{ m}^3/\text{h}$$

Los datos son los obtenidos en el Ejemplo 1, que corresponde a una recirculación de lodos $R = 0.6$.

La eficiencia requerida viene dada por

$$YN03 = \frac{NKT - NE}{NKT} = \frac{(50 - 15)}{50} = 0.7$$

Entonces se requiere una eficiencia de remoción del 70%.

Despejando r de la ecuación anterior, se tiene

$$r = \frac{YN03}{(1 - YN03)} - R = \frac{0.7}{(1 - 0.7)} - 0.6 = 1.73$$

$$r = 1.73$$

$$Qr = 1.73 * Q = 260 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Siendo Qr el caudal de recirculación del licor mezcla, por lo que debemos regular las **BDN** en $130 \text{ m}^3/\text{h}$ cada una, ya que el sistema de recirculación de licor mezcla es independiente para cada reactor a diferencia de la recirculación de lodos.

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2
		Página 8 de 23

1.3. Cálculo del Índice Volumétrico de Lodos (IVL)

El Índice Volumétrico de Lodos (**IVL**) es un indicador de las características de sedimentabilidad del lodo producido en el tratamiento.

El mismo se calcula mediante el cociente entre el resultado del ensayo del Cono Imhoff (tiempo de 30 minutos, en ml/l) y los **SST_{Reac}** (en g/l).

El índice se expresa en ml/g, y la calidad del lodo se evalúa de acuerdo a la siguiente escala:

IVL < 90 ml/g – excelente sedimentabilidad

90 < **IVL** < 150 mL/g – buena sedimentabilidad

IVL > 150 mL/g – malas condiciones de sedimentabilidad

Ejemplo 3

Sean los siguientes valores:

Resultado *Cono Imhoff* = 120ml/l

$$\mathbf{SST}_{Reac} = 3000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 3.0 \text{ g/l}$$

Para estos valores, se calcula:

$$\mathbf{IVL} = \frac{120}{3} = 40 \text{ mL/g},$$

Como el **IVL** < 90 ml/g, entonces el lodo generado tiene excelentes características de sedimentabilidad.

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2 Página 9 de 23
--	---	--

1.4. Cálculo de la relación F/M (alimento/microorganismos)

La relación F/M constituye un método sencillo y práctico de controlar el proceso de tratamiento, ya que manteniendo este parámetro dentro de los rangos indicados – generados a través de la experiencia –en teoría no debería de haber inconveniente alguno.

La relación F/M se expresa en $KgDBO_5/SSV$.

Para el proceso de lodos activados en la modalidad de aireación extendida, como lo es el caso de la PTAR Canelones, el rango de variación de este parámetro se sitúa en el orden de **0.05 – 0.15 $Kg DBO_5/KgSSV$** .

En el tratamiento de aguas residuales domésticas la carga orgánica afluyente sufre mínimas variaciones diarias y estacionales; la concentración de DBO_5 en el afluyente es del orden de 185 – 232 mg/l

Por tanto, la variable a modificar por parte del operador responsable viene dada por la concentración de SS en el reactor, mediante las operaciones de recirculación (Q_R) y purga de lodos (Q_P).

De este modo, adoptando una base temporal diaria por razones de practicidad, se puede calcular la carga orgánica afluyente así como los SS promedio existentes en el sistema, calculando así el factor F/M para cada día.

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2
		Página 10 de 23

Ejemplo 4

Sean los siguientes valores:

Caudal medio diario $Q_m = 150 \text{ m}^3/\text{h}$

Concentración media afluente $DBO_5 = 250 \text{ mg/l}$ (tomamos 250 para simplificar los cálculos)

$SST_{Reac} = 4000 \text{ mg/l}$ (4 g/l)

Volumen total del sistema (reactor anóxico y aerobio) $V = 5000 \text{ m}^3$ (aprox. 2500 m³ cada reactor).

El total de sólidos suspendidos (carga de sólidos suspendidos) en el sistema

$$CSST = SST_{Reac} * Vol \text{ del sistema}$$

$$V = 4000 * 5000 / 1000 = 20.000 \text{ Kg SST}$$

La carga orgánica afluente diaria

$$CDBO = 150 * 24 * 250 / 1000 = 900 \text{ kg } DBO_5 \text{ (por día)}$$

Por tanto, la relación

$$F/M = 900/20000 = 0.045 \text{ kg } DBO_5/\text{kgSST}$$

Valor que se encuentra en el límite inferior del rango especificado. Estrictamente, si se considerase solamente los SSV (0.7-0.8 SST), el valor de F/M sería de 0.056 -0.064.

Para tener un valor de F/M en el punto medio del rango especificado en términos de SST, es decir de $0.10 \text{ kg } DBO_5/\text{kgSST}$, la carga de sólidos del sistema debería ser de:

$$CSST = 900/0.10 = 9000 \text{ kgSST}$$

lo cual equivale a una concentración de:

$$SST_{Reac} = 9000 * 1000 / 5000 = 1800 \text{ mg/l.}$$

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2
		Página 11 de 23

or tanto, en caso de que el operador desee alcanzar esta condición de funcionamiento deberá reducir la concentración de SST en los reactores, aumentando la purga de lodos y disminuyendo la recirculación

Respecto a la carga orgánica, no hay que olvidar aquella aportada por los camiones barométricos, la cual puede incrementar la carga orgánica afluyente en el orden de 10 a 25%, dependiendo de la composición de los líquidos barométricos la cual es muy variable.

Generalmente, para el control de la operación de la planta y del proceso de lodos activados la carga orgánica se expresa en términos de DQO (demanda química de oxígeno, en mg/l), ya que éste es de más sencilla y rápida determinación. Para líquidos residuales domésticos, la relación DQO/DBO_5 se mantiene aproximadamente constante en el entorno de 2.

Así, el rango de variación del factor F/M en términos de DQO sería 0.10– 0.30 KgDQO/KgSSV.

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2
		Página 12 de 23

1.5. Cálculo del volumen de lodo a purgar

El cálculo del volumen de lodos a purgar se realiza fijando la edad del lodo, o también tiempo de retención celular, que es el tiempo de residencia medio de las bacterias en el sistema. Este valor viene dado por la siguiente expresión:

$$qC = \frac{V * SST_{Reac}}{Q_p * SST_{Sed}}$$

En donde:

qC – Tiempo medio de retención celular, igual a 25 días de acuerdo a proyecto

V – Volumen del sistema, igual a 5000 m³

SST_{Reac} – Sólidos Suspendidos Totales en los reactores, en mg/l (rango 3000 a 6000 mg/l)

SST_{Sed} – Sólidos Suspendidos Totales en el sedimentador, en mg/l (rango 8000 a 12000 mg/l)

Q_p – Caudal diario de purga de lodos

De la ecuación anterior se deduce que el tiempo medio de retención celular viene dado por el total de SS existentes en el sistema, dividido la tasa de remoción de los mismos, igual al producto del caudal de purga Q_p por la concentración de SST_{Sed} . Así, fijada la edad de lodo de acuerdo a los criterios de proyecto, en este caso 25 días, y conocidas las variables V , SST_{Reac} y SST_{Sed} se despeja el valor del Q_p , caudal diario de purga de lodos. Este procedimiento se detalla en el ejemplo 5.

Otra forma de estimar el caudal de purga diario es mediante el factor F/M, procurando mantener el mismo constante respecto a cierto valor, y estimando la producción observada de lodo en función de la carga orgánica removida. Para este tipo de sistemas, la

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2
		Página 13 de 23

producción de **SST** en función de la carga orgánica removida es del orden de 0.4 – 1 **KgSS/Kg DBO₅ REM**, pudiéndose estimar por tanto la producción diaria de lodos. Purgar una cantidad de lodos inferior a la producción registrada, conduce a un incremento de SS (lodos) en el sistema; por el contrario, purgar una cantidad de lodos superior a la producción registrada, conduce a una disminución de lodos en el sistema.

Este método es iterativo, en el sentido de que si se asume en primera instancia un valor de producción de lodos inferior al que ocurre realmente, se detectará un incremento en la concentración de SS en el sistema, y viceversa, lo cual se irá ajustando y puliendo a medida que se gana experiencia en la operación de la planta. Este procedimiento se detalla en el ejemplo 6.

Ejemplo 5

Sean los siguientes valores:

$$SST_{Reac} = 4000 \text{ mg/l (4 g/L)}$$

V – Volumen del sistema, igual a 5000 m³ (aprox. 2500 m³ cada reactor).

$$SST_{Sed} = 10000 \text{ mg/l (10 g/L)}$$

$$qC = 25 \text{ d}$$

Despejando el valor de

$$Q_P = \frac{V * SST_{Reac}}{qC * SST_{Sed}} = (5000 * 4000) / (25 \text{ d} * 10000) = 80 \text{ m}^3/\text{d}$$

el caudal de lodo a purgar diariamente del sistema a efectos de mantener la edad de lodo indicada y las concentraciones de **SST** indicadas.

En caso de que se requiera disminuir o aumentar la concentración de **SST_{Reac}**, se deberá aumentar o bien disminuir el caudal de purga, respecto del calculado. Estos cambios es importante realizarlos en forma gradual, por ejemplo en caso de aumentar o disminuir el

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2
		Página 14 de 23

caudal de purga, hacerlo en un porcentaje no mayor al 25%, y monitorear la tendencia o respuesta de sistema frente a los cambios.

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2 Página 15 de 23
--	---	---

Ejemplo 6

Sean los siguientes valores:

Caudal medio diario $Q_m = 150 \text{ m}^3/\text{h}$ (42L/s)

Concentración media afluente $DBO_5 = 250 \text{ mg/l}$

Concentración media efluente $DBO_5 = 30 \text{ mg/l}$

$$SST_{Reac} = 4000 \text{ mg/l} \text{ (4 g/l)}$$

V – Volumen del sistema, igual a 5000 m^3 (aprox. 2500 m^3 cada reactor).

$$SST_{sed} = 10000 \text{ mg/l} \text{ (10 g/l)}$$

Factor

$$F/M = 0.045 \text{ kg } DBO_5/\text{kg } SST$$

La carga orgánica afluente es:

$$CDBO_a = 250 * 150 * 24 / 1000 = 900 \text{ kg/d},$$

mientras que la carga orgánica efluente es

$$CDBO_e = 30 * 150 * 24 / 1000 = 108 \text{ kg/d}.$$

Así la carga orgánica removida es de 792 kg/d .

Asumiendo una producción de SS de $0.7 \text{ kgSS/Kg } DBO_5$ removido (valor medio del rango informado), la producción diaria se sitúa en 554 kgSS/d .

($317 - 792 \text{ kgSS/d}$) sería el rango de producción diario de lodos).

Para el valor de $SST_{sed} = 10000 \text{ mg/l}$ (10 g/L), desde donde succionan las bombas de purga de lodos, el rango de caudales de purga de lodos es de **$32 \text{ a } 79 \text{ m}^3/\text{d}$** . En caso de no realizar la purga calculada, el nuevo valor del factor resulta

$$F/M = 900 / (20000 + 554) = 0.0438 \text{ kg } DBO_5/\text{kg } SST.$$

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2
		Página 16 de 23

Como se mencionara anteriormente, este proceso es iterativo y se ajusta a medida que se gana experiencia en la operativa de la planta.

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2
		Página 17 de 23

1.6. Cálculo del caudal de la bomba dosificadora de polímero

Como se mencionara en el capítulo correspondiente, la operación de deshidratación de lodo requiere la coordinación de las bombas dosificadoras de polímero, las bombas de purga de lodos y el filtro de bandas.

Cada uno de estos equipos tiene distinta capacidad de procesamiento o bombeo máxima, por lo cual habrá un equipo que será el limitante a la hora de programar la tarea de deshidratación, y condicionará la operación de los restantes equipos involucrados.

La dosis de polímero se encuentra comprendida en el rango de ***2.5 -5 kg polímero / 1000 kgSS***, mientras que las concentraciones de preparación de la solución de polímero se encuentran en el rango de ***0.1 – 0.3% (1 a 3 kg por m3)***.

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2
		Página 18 de 23

Ejemplo 7

Sean los siguientes valores:

$$Q_p = 80 \text{ m}^3/\text{d} \text{ (calculado de acuerdo a los puntos anteriores)}$$

Tiempo de operación de deshidratación de lodos = 8 horas

Concentración de la solución de polímero.

$$c = 0.15\% \text{ (1.5 kg por m}^3\text{)}$$

Dosis óptima de polímero:

$$D_{\text{poli}} = 4 \text{ kg polímero/1000 kgSS}$$

$$SST_{\text{sed}} = 10000 \text{ mg/l (10 g/l)}$$

La carga de sólidos a purgar es:

$$CSS = 80 * 10000 / 1000 = 800 \text{ kgSS/d}$$

El caudal de purga, según las 8 horas asignadas a la operación es

$$Q_p = 80 / 8 = 10 \text{ m}^3/\text{h},$$

Mientras que la carga horaria de sólidos resulta de

$$CSSH = 800 / 8 = 80 \text{ kgSS/h.}$$

La dosis horaria de polímero a aplicar resulta igual a

$$DPH = 4 * 80 / 1000 = 0.32 \text{ kg polímero /hora.}$$

Para la concentración de la solución del 0.15%, el caudal de solución a aplicar resulta

$$QD_{\text{poli}} = 0.32 / 0.15\% = 213 \text{ l/h (3.55 l/min).}$$

En el caso de la PTAR Canelones, las capacidades máximas de los equipos son las siguientes:

- Bombas de purga de lodos:

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2
		Página 19 de 23

$$Q_p = 10.8 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (3l/s)}$$

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2
		Página 20 de 23

- Bombas de dosificación de polímero

$$QD_{poli} = 6.7 \text{ l/min (400 l/h)}$$

- Filtro de bandas carga hidráulica

$$CH = 14 \text{ m}^3/\text{h (valor de proyecto)}$$

y carga de sólidos

$$CSS = 85 \text{ kgSS/h (especificación de proyecto),}$$

Tomándose la más restrictiva de las dos condiciones.

Como se puede ver en el ejemplo, los valores obtenidos para una duración de la tarea de purga de lodos de 8 horas no superan las capacidades máximas de los equipos.

Si por el contrario, se dispusiera realizar la tarea de purga de lodos en 6 horas, los valores que se obtienen son los siguientes:

- Carga horaria de sólidos resulta de:

$$CSSH = 800/6 = 133 \text{ kgSS/h}$$

- Caudal de purga de lodos (y carga hidráulica del filtro de bandas)

$$Q_p = 80/6 = 13.3 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Dosis de polímero:

$$D_{poli} = 4 * 133/1000 = 0.532 \text{ kg polímero /hora}$$

lo cual para una concentración de la solución del 0.15%, el caudal de la bomba dosificadora resulta

$$QD_{poli} = 0.532/0.15\% = 355 \text{ l/h (6 l/min)}$$

En este caso, la limitante en la capacidad de procesamiento de lodo viene dada por el caudal de la bomba de purga de lodos ($Q_p = 10.8 \text{ m}^3/\text{h}$), así como en la carga de sólidos

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2 Página 21 de 23
--	---	---

al filtro de bandas ($CSSH = 85 \text{ kgSS/h}$). No obstante, en este último caso, el encargado en base a la experiencia generada durante la operación del equipo determinará el punto de funcionamiento óptimo en función de la calidad del lodo deshidratado.

1.7. Cálculo de la bomba dosificadora de solución de cloruro férrico

La dosificación de la solución de cloruro férrico se realiza en función de la concentración de fósforo (P) afluente a la planta, la concentración de fósforo máxima admisible establecida por pliego, el caudal de entrada y las características de la solución comercial empleada.

Para las aguas residuales domésticas, la concentración de fósforo se mantiene aproximadamente constante en el entorno de 5 a 10 mg/l; estos valores pueden ser menores en el caso de eventos de lluvia o en épocas de excesiva infiltración. Por su parte, la concentración máxima admisible establecida en el pliego es de 1 mg/l

La dosis de cloruro férrico (FeCl_3) por defecto, en ausencia de valores de laboratorio, será de 5 veces la concentración de fósforo que se desea remover (relación hierro Fe^{+++} /fósforo igual a 5). La dosis óptima se determinará mediante ensayos de laboratorio al líquido residual crudo afluente a la planta.

En el caso de las soluciones de cloruro férrico comercial (FeCl_3) disponibles en el mercado, las mismas generalmente presentan las siguientes características:

- Pureza en el rango de 39-42%, esto es 39 a 42g de FeCl_3 por cada 100 g de solución.
- Densidad de la solución 1.4 g/ml (1.4 kg/l)

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012

 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Cálculos básicos en PTAR Canelones	IT2 Versión Vigente N° 2 Página 22 de 23
--	---	---

Ejemplo 8

Sean los siguientes valores:

Caudal medio diario $Q_m = 150 \text{ m}^3/\text{h} (42 \text{ l/s})$

Concentración afluente de $P = 9 \text{ mg/l}$

Concentración efluente admisible de $P = 1 \text{ mg/l}$

Densidad de solución de cloruro férrico $1.4 \text{ Kg/L} (1.4 \text{ g/ml})$

Pureza de la solución de cloruro férrico 40%

Relación de dosificación Hierro / Fósforo (Fe/P) igual a 5

Caudal máximo de la bomba dosificadora $Q = 17 \text{ l/h}$

La concentración de P a remover $P_{REM} = 9 - 1 = 8 \text{ mg/l}$.

La dosis de cloruro férrico (puro) a aplicar es:

$$\text{Dosis } FeCl = 8 * 5 = 40 \text{ mg/l agua residual.}$$

La dosis de solución de $FeCl_3$ al 40% a aplicar es:

$$\text{Dosis}_{\text{Solución}} = 40 / 40\% = 100 \text{ mg/l} (0.1 \text{ g solución/l agua residual}),$$

El volumen de la misma:

$$V_{\text{Solución}} = 0.1 / 1.4 = 0.0715 \text{ ml solución/l agua residual.}$$

El caudal de solución a dosificar resulta

$$QD_{FeCl_3} = 42 \text{ l/s} * 0.0715 * 3.6 = 10.8 \text{ l/h.}$$

El caudal como porcentaje del caudal máximo de la bomba dosificadora resulta por tanto

$$\%Q = 10.8 / 17 * 100 = 63.5\%.$$

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012



Planta de Tratamiento de
Aguas Residuales

Cálculos básicos en PTAR Canelones

IT2
Versión Vigente N°
2

Página 23 de 23

Elaborado por:
José Abefase

Fecha: 05/01/2012