

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.	OBJETIVOS	3
3.	FUNDAMENTOS PARA LA ELIMINACION DE N Y P	3
4.	PARAMETROS DE DISEÑO	6
	<i>4.1 Zona óxica y zona anóxica.....</i>	<i>6</i>
	<i>4.2 Zona Anaerobia.....</i>	<i>15</i>
	<i>4.3 Zona Anóxica</i>	<i>15</i>
	<i>4.4 Recomendaciones.....</i>	<i>15</i>
	<i>4.5 Reducción del Fósforo por vía química</i>	<i>16</i>
5.	RECIRCULACIÓN DE FANGOS.....	19
	<i>5.1 Introducción.....</i>	<i>19</i>
	<i>5.2 Recirculación externa de fangos</i>	<i>19</i>
	<i>5.3 Recirculación interna de fangos</i>	<i>20</i>
6.	ESQUEMAS DE FUNCIONAMIENTO	22
7.	ESQUEMAS TIPICO DE UNA DEPURADORA CON ELIMINACIÓN DE NUTRIENTES.....	24
8.	RENDIMIENTOS DE DEPURACIÓN.....	26
9.	VENTAJAS E INCONVENIENTES EN LA REDUCCION DE NUTRIENTES	27
10.	BIBLIOGRAFIA.....	28

1. INTRODUCCIÓN

Los nutrientes nitrógeno y fósforo son fundamentales para todos los organismos vivos formando parte de las moléculas como proteínas y ácidos nucleicos. Así mismo sirven para el crecimiento de organismos fotosintéticos. El proceso de enriquecimiento en nutrientes, fundamentalmente formas inorgánicas de nitratos y fosfatos, de una masa de agua (ríos y pantanos) de manera no natural, como consecuencia de las actividades humanas (fertilizantes y detergentes) produce la eutrofización acelerada del medio. Este fenómeno de la eutrofización artificial ha adquirido durante las últimas décadas una creciente importancia a raíz de la magnitud que ha tomado el problema y su difícil resolución.

El nitrógeno amoniacal en el agua origina un consumo de oxígeno, ya que da lugar a procesos biológicos de oxidación de nitritos a nitratos. Tanto el amoniaco, como el nitrito son tóxicos para los peces.

También puede requerirse la eliminación de N por razones de operación en las plantas: para evitar procesos no deseados de desnitrificación en el decantador secundario o para evitar bajadas fuertes de pH si la capacidad tampón del agua residual es baja.

Hoy en día todo esto representa una de las principales causas de contaminación en los cauces receptores. Por lo tanto en las aguas que vayan a utilizarse para abastecimiento y de acuerdo con los límites de calidad que fija el Código alimentario español y otras normativas de la Comunidad Económica Europea, caso de la Ley 271/91 y posteriores actualizaciones, es importante la oxidación del nitrógeno y la eliminación del fósforo.

2. OBJETIVOS

La aplicación de procesos que eliminen o reduzcan el aporte al medio de estos nutrientes es fundamental para reducir los procesos de eutrofización y contaminación de las aguas. Las tecnologías para su eliminación estarán basadas en los procesos de biomasa suspendida (fangos activos) que se caracterizan por una reducción no sólo de origen carbonada (DBO5) sino también la de origen en el ciclo del nitrógeno y el fósforo, hasta alcanzar valores de salida de menores de 15 (10) ppm de N y 3 (1) ppm de P.

3. FUNDAMENTOS PARA LA ELIMINACION DE N Y P

En las depuradoras se emplean diversos métodos para la desnitrificación basados todos ellos en la presencia de oxígeno para la nitrificación y posteriormente la ausencia de oxígeno para la desnitrificación. La diferencia entre los diferentes métodos es la construcción de varios reactores o uno combinado con diferentes recirculaciones para conseguir el objetivo final.

Las combinaciones de N son, en cantidad, después de las de carbono las más importantes en las aguas residuales urbanas. Las proteínas de la alimentación llegan fundamentalmente como urea. La urea y los compuestos orgánicos hidrolizados se transforman en amonio. Las combinaciones de N que entran en la depuradora, lógicamente están en forma no oxidada. La manera de determinar el N total no oxidado la realizó un danés llamado Johan Gustav Christoffer Thorsage Kjeldahl

(1849-1900). El profesor Kjeldahl publicó en 1883 un método basado en la conversión del nitrógeno en amoníaco por vía húmeda, mediante la digestión con ácido sulfúrico concentrado, seguida de destilación con amoníaco y su determinación volumétrica. Por lo tanto el N total no oxidado se denomina nitrógeno Kjeldahl (NTK) y se compone de NH_4 y N orgánico.

En las depuradoras sin nitrificación, el N orgánico se hidroliza en su mayor parte a amonio. Las bacterias contienen aproximadamente un 12% de N. Una parte del N amoniacal lo utilizan las bacterias para la formación de materia celular, que luego se elimina con el fango en exceso. Sin embargo la mayor parte del N se vierte al cauce receptor en forma amoniacal.

En las plantas con nitrificación el N no utilizado por las bacterias se oxida a nitritos y rápidamente a nitratos. La cantidad de N no se alteraría salvo que desnitrifiquemos en un selector anóxico, donde el nitrato se transforma en N gas que pasa a la atmósfera.

El fósforo se puede eliminar química y biológicamente. En ambos casos el fósforo insoluble, aproximadamente el 10% del fósforo total, es eliminado en la decantación primaria y posteriormente en la decantación secundaria se eliminarán los ortofosfatos (15-20% del fósforo total) incorporados a las células del fango activado. Por otra parte mediante la adición de sales de hierro (cloruro férrico), calcio o aluminio se consiguen la precipitación de fosfatos e hidróxidos de fósforo que decantan rápidamente.

También se ha comprobado que la recirculación alternativa de los microorganismos existentes en los fangos activos de condiciones aerobias a anaerobias reducen la presencia de fósforo.

En zonas anaerobias del agua se producen ácidos grasos volátiles que son usados por las bacterias desfosfatantes para transformar los polifosfatos presentes en fosfatos disueltos. En la zonas aerobias la materia orgánica presente en el agua se mineraliza (oxida) y el fósforo se reabsorbe por las células en una cantidad considerablemente mayor que la liberada en la zona anaerobia, por lo que el contenido en fósforo de los fangos decantables aumenta. La eliminación de fósforo tiene lugar a través de la purga de fangos

En definitiva, se estudió que hay unas bacterias heterótrofas denominadas PAO, que son capaces de liberar fósforo en condiciones anaerobias y de acumularlo en mayor medida en condiciones aerobias.

4. PARAMETROS DE DISEÑO

4.1 Zona óxica y zona anóxica

El tratamiento biológico se realiza mediante un proceso de fangos activos de media carga seguido de una decantación secundaria.

Toda el agua bruta procedente del tratamiento primario se recogerá en una arqueta única, desde la que se repartirá a las distintas unidades del tratamiento secundario.

Se prestará especial atención al sistema de reparto de caudales, de forma que se pueda garantizar un reparto equitativo entre las distintas unidades funcionales. Esta arqueta servirá también para dejar sin servicio cualquier unidad.

Los parámetros de diseño serán:

Edad del fango	>6	Días
Concentración de sólidos (MLSS)	Entre	2.500-3.500 ppm
Carga másica <	<0,3	KgDBO5/kgMLSS/día

El resto de características se adaptarán a los criterios límites siguientes:

- El tiempo de retención hidráulica mínimo en la cuba, a caudal máximo será mayor de 4 horas. Igualmente, el tiempo mínimo de retención hidráulica a caudal medio será mayor de 8 horas.
- La concentración de oxígeno disuelto en el reactor será superior a 2 mg/l.
- Temperaturas del agua de diseño: Mínima 12 °C ; Máxima 24 °C

Las fórmulas que definen el proceso de nitrificación-desnitrificación son experimentales, universalmente aceptadas, y aunque variadas se mantienen en valores similares. Podemos adoptar las siguientes:

1) E = Edad del fango en días, necesaria para nitrificar según la ecuación de Van Haandel, Dol y Marais:

$$1 - f_x = S \cdot \frac{b_n^T + 1/E}{u_{nm}^T}$$

f_x = fracción de los MLSS existentes en la zona anóxica, es decir, porcentaje de zona anóxica adoptado (>20%)

S = factor de seguridad → oscila entre 1-1,5

b_n^T = factor para organismos heterótrofos, es el coeficiente de decrecimiento bacterias nitrificantes = $0,04 \times 1,029^{(T-20)}$

u_{nm}^T = coeficiente de crecimiento bacterias nitrificantes = $u_{20} \times 1,123^{(T-20)}$

u_{20} = sus valores oscilan entre 0,4 en condiciones desfavorables y 0,5 en condiciones normales

2) N_a (mg N-NH₃ / l) = es la concentración de nitrógeno amoniacal que no se nitrifica (N-NH₃ en el efluente) y viene dada por la expresión:

$$N_a = \frac{K_n^T \cdot (b_n^T + 1/E)}{u_{nm}^T \cdot (1 - f_x) - b_n^T + 1/E}$$

K_n^T = coeficiente de saturación de nitrificación = $1,123^{(T-20)}$

3) D_c = es la máxima concentración de nitrógeno como nitrato (NO₃) que podría desnitrificarse en la zona anóxica prevista y viene dada por la fórmula:

$$D_c = S_{bi} \cdot \left(\frac{f_{bs} \cdot (1 - P \cdot Y)}{2,86} + \frac{Y \cdot E \cdot K_2 \cdot f_x}{1 + b_h^T \cdot E} \right)$$

D_c = Máxima concentración de N-NO₃ a abatir = N Disponible – N_a (de la fórmula 2)

S_{bi} = Concentración de DQO biodegradable → variable entre 1 y 2xDBO₅

f_{bs} = relación entre la DQO rápidamente biodegradable / DQO biodegradable : 0,33 decantada ó 0,24 no decantada

P = DQO / SSV (sólidos en suspensión volátiles de la masa de fangos) → 1,5

Y = coeficiente crecimiento bacterias heterótrofas → 0,45

K_2 = coeficiente desnitrificación = $0,1 \times 1,08^{(T-20)}$

$bhT = \text{coeficiente decrecimiento bacterias heterótrofas} = 0,24 \times 1,029^{(T-20)}$

T = Temperatura en el biológico

E = edad del fango (de 1)

$f_x = \text{fracción de zona anóxica necesaria} \rightarrow \text{ajustar la adoptada en 1) por tanteos}$

Edad del fango

$E_f = \text{Sólidos del sistema} / F_e$
 $\text{Sólidos del sistema (kg SSLM)} = \text{Kg SSLM/m}^3 * \text{Vol. biológico m}^3$

Fangos en exceso

$F_e = \text{DBO}_5 \text{ eliminada} * \text{tasa fangos exceso}$

Tasa de fangos en exceso

T $F_e =$ la que se adopte según fórmula

La tasa de producción de fangos (kg de SS/kg de DBO5 eliminada) será, como mínimo, la obtenida de las siguientes fórmulas, entre otras:

Chudoba

$0,57 / (1 + 0,16 * \text{EDAD FANGO}) + 0,14 + (0,5 * \text{SSETRADA} / \text{DBO5 ENTRADA BIOLÓGICO})$

Huisken

$(1,2 * \text{CARGA MASA}^{0,23} + 0,5 * (\text{SS} / \text{DBO5} - 0,6))$

ATV

Tasa de conversión $ATV = 0,75 + 0,6 * r - (0,102 * E_f * F_t) / (1 + 0,17 * E_f * F_t)$

$F_t = \text{factor temperatura para la respiración endógena } 1,072^{(t-15)}$

r = SS entrada en el reactor biológico/DBO5 entrada en el reactor biológico

E_f = Edad del fango

Carga másica

C_m =kg/día de DBO5 / Kg SSLM

Carga volumétrica

C_v =kg/día de DBO5 entrada / V biológico m³

Existen otras muchas fórmulas para determinar la edad del fango necesaria para nitrificar, función de otros parámetros a parte del porcentaje de zona anóxica adoptada. Tenemos que destacar que los sistemas biológicos se han diseñado tradicionalmente en base a numerosas experiencias, que dan lugar a diferentes fórmulas y coeficientes comúnmente aceptados y de uso corriente.

El número mínimo de unidades (biológicos) a adoptar será de dos (2) con el fin de dar versatilidad al sistema y siempre que el análisis económico lo permita.

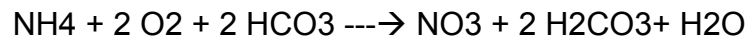
Se tendrá especial cuidado en el diseño del reparto de caudales, para garantizar un reparto equilibrado a cada reactor biológico.

Todas las unidades deberán de poder funcionar de forma independiente, sin que exista intercambio de microorganismos entre las distintas unidades, para ello, la arqueta de recirculación estará compartimentada y el bombeo de recirculación se hará de forma independiente a cada unidad.

Una vez determinado el volumen de la balsa biológica, sus dimensiones y número de líneas, se deberá definir razonadamente la demanda de oxígeno, según los criterios de proyecto. La demanda real (con agua residual) de oxígeno, en ningún caso será inferior a 2,0 kg O₂/kg DBO₅ eliminada sin reducción de nitrógeno y **4 kgO₂/kgDBO₅ eliminada si se pretende reducir nitrógeno**. Se tendrá en cuenta para el cálculo de la demanda real el coeficiente de transferencia y las puntas de DBO₅ y caudal.

En general, en un sistema biológico se precisa oxígeno para:

- Eliminación de DBO₅ (síntesis), necesario para la eliminación de la materia biodegradable es proporcional a la DBO₅ eliminada y la constante de proporcionalidad K_{si} (0,65 kgO₂/día Kg DBO₅) depende de la carga másica a la que opera la planta. Por lo tanto, Kg O₂/h = $((0,65 \text{ kgO}_2/\text{día Kg DBO}_5) * \text{kg DBO}_5 \text{ entrada biológico/día}) / 24\text{h/día}$
- Respiración endógena de las bacterias, es proporcional a la masa celular presente en el reactor y la constante de proporcionalidad K_{re} (0,050 Kg O₂/día/Kg MLSS) depende de la carga másica a la que opera la planta. Por lo tanto, $0,050 \text{ Kg O}_2/\text{día/KgMLSS} * \text{Kg MLSS en el biológico}/24\text{h/día} = \text{KgO}_2/\text{h}$
- El Oxígeno recuperado en el proceso de nitrificación es del orden de $64\text{KgO}_2/14,6 \text{ KgN} = 4,6 \text{ KgO}_2 \text{ por Kg N}$, es decir se recuperaran $(4,6 \text{ Kg O}_2/\text{KgN} * \text{los Kg de Nitrógeno eliminado/día}) = \text{Kg O}_2/\text{día}$. La reacción que sigue dicho proceso de nitrificación es la siguiente:



- Oxígeno recuperado en el proceso de desnitrificación donde se recuperan del orden de 2,86 kg de O₂ por Kg de nitratos consumidos. Aunque el grado de desnitrificación conseguido es superior al 80% se considera este valor a fin de realizar un cálculo más conservador. El oxígeno será pues: $\text{N}_{\text{eliminado}} \text{ kg/día} / 24 \text{ h/d} * 0,80 * 2,86 \text{ kgO}_2/\text{Kg NO}_3 = \text{KgO}_2/\text{día}$

Las puntas de caudal y de DBO₅ provocan una necesidad punta de oxígeno que afecta únicamente al utilizado para la síntesis ya que el consumo para la respiración no cambia al no variar la cantidad de microorganismos presentes en el reactor. Se incrementará en un 50%.

Para el cálculo de la potencia de aireación es necesario convertir el consumo de oxígeno en condiciones reales de campo a condiciones estándar. El factor de corrección se calcula aplicando una fórmula que es función de la salinidad y tensión superficial, altitud, transferencia de O₂ del tipo de areador utilizado, temperatura del agua residual, concentración de saturación de O₂, etc. El factor de corrección se calcula aplicando (entre otras) la fórmula siguiente: $\text{FCF} = (\beta * \text{ACF} * \text{C}_{\text{sw}} - \text{C}_l) / \text{C}_{\text{ss}} * \text{ALFA} * 1,024^{T-20}$

Siendo:

B= Factor de corrección de salinidad y tensión superficial

ACF= Factor de corrección altitud

ALFA= Factor transferencia del sistema de aireación

T= Temperatura del agua residual de la planta

Csw= Concentración de saturación de O₂ en agua limpia a temperatura T

Css= Concentración de saturación de O₂ en agua limpia

Cl= Concentración de O₂ que se quiere mantener en el agua residual del reactor biológico

Se tendrán que cumplir, como mínimo, los siguientes ratios sin incluir las unidades de reserva:

- Aeración por burbuja fina < 2,5 kgO₂/kwh instalado
- Turbina < 1,75 kgO₂/kwh instalado
- Areador sumergido < 1,25 kgO₂/kwh instalado

No se debe instalar ninguna turbina de potencia superior a 100 CV.

En el caso de la instalación de varias turbinas en una misma cuba, el sentido de las contiguas será contrario.

Se prestará una atención especial al tipo y características de los reductores, cuyo factor de servicio será como mínimo de 2, y el número de horas de cálculo de sus rodamientos será, como mínimo de 100.000.

Se preverá en la implantación, la cómoda extracción de los aireadores para su posible reparación y mantenimiento.

La configuración hidráulica del sistema garantizará que, frente a las normales variaciones de caudal, se pueda controlar el rendimiento del sistema de aportación de oxígeno. Al mismo tiempo, la configuración hidráulica impedirá el paso directo de la lámina superficial al decantador secundario. En caso de que la salida sea por vertedero, deberá prevenirse un sistema deflector para impedir la entrada de soplantes

Se deberá garantizar la regulación en continuo de la cantidad de oxígeno aportado en función del oxígeno residual. En el caso de difusores sumergidos, se instalarán variadores de velocidad en las soplantes, regulados en función de la consigna de oxígeno dada por medidores en continuo en las balsas.

La potencia disponible garantizará una suficiente agitación de la masa que impida la formación de sedimentos, y asegure la mezcla completa, garantizando un ratio superior a los veinte (20) vatios por metros cúbico de balsa.

El montaje de los elementos de aportación de aire se hará con las precauciones necesarias para evitar un nivel de ruidos molestos, no superando los 65 dB.

Se llama la atención sobre el hecho de que la cuba de aeración se deberá proyectar con la guarda hidráulica suficiente para evitar salpicaduras y proyecciones de fango.

4.2 **Zona Anaerobia**

La zona anaerobia, previsto como selector y para la reducción del fósforo, deberá cumplir uno de los siguientes parámetros de diseño:

Porcentaje de zona anaerobia	>5	%
Tiempo de retención (Qmed)	1,5	h

4.3 **Zona Anóxica**

La zona anóxica, previsto para desnitrificar, deberá cumplir los siguientes parámetros de diseño:

Porcentaje de zona anóxica	>20	%
----------------------------	-----	---

4.4 **Recomendaciones**

Tanto en la zona anaerobia, como en la zona anóxica se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- La llegada y entrada de agua, el fango recirculado y recirculación auxiliar, será preferentemente por tubería, frente a la llegada por canal, para evitar la oxigenación adicional del agua.
- Se instalará un sistema de agitación que garantice la mezcla íntima y rápida del agua y el fango, y evite la formación de sedimentos, cuidando son embargo, que esta agitación no provoque oxigenaciones indeseadas.
- La potencia específica de agitación estará comprendida entre 4 y 15 Kw por m³ de balsa.
- Los agitadores serán fácilmente extraíbles, para su mantenimiento, con las pasarelas adecuadas para la ubicación segura del personal

de mantenimiento.

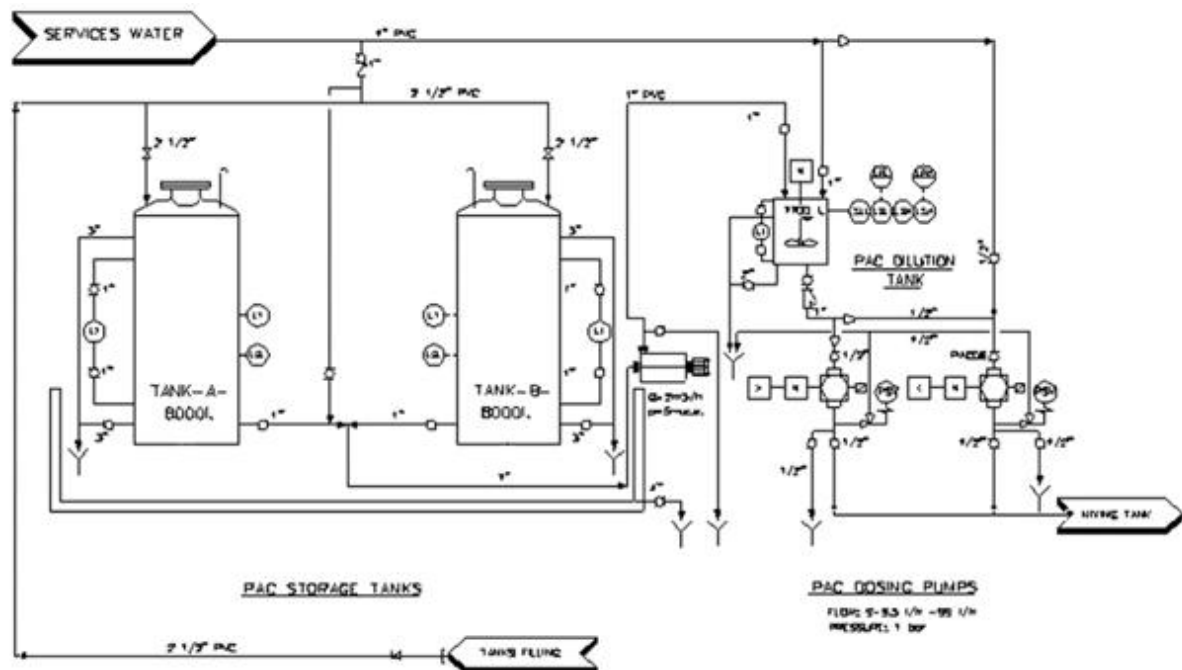
- El número de unidades será igual que el de balsas.
- En este y en el resto de elementos en los que se disponga de una lámina libre de agua, se dispondrán los elementos precisos para facilitar la salida del mismo ante una caída accidental en ellos.

4.5 Reducción del Fósforo por vía química

Para la reducción del fósforo por vía química se dosificará cloruro férrico, con una dosis mínima de 14 kg de Cloruro Férrico comercial por cada kg de fósforo a eliminar. La riqueza de dicho producto es del 40 % y su densidad es aproximadamente 1,41.

Se puede dosificar al principio del biológico tendremos más rendimiento pero más producción de fango, si lo dosificamos a la salida del biológico habrá menos producción de fango pero al haber menos tiempo de contacto se producirá una menor eliminación de fósforo.

La dosificación se realizará de forma automática proporcional al caudal que entre en el tratamiento. Estos reactivos son floculantes que se agregan al agua para ayudar a la formación del flóculo que luego se separara del agua en los decantadores.



En este caso se ha establecido un depósito de reactivo para consumo diario. El reactivo se trasvasa desde los depósitos nodriza hasta este gracias a una bomba centrífuga fabricada en materiales especiales para este producto químico. En relación con su almacenamiento los depósitos más utilizados son los de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV).

La riqueza de dicho producto es del 40 % y su densidad es del orden de 1,41 Toneladas/m³.

Se trata de un producto altamente corrosivo por lo que se deberá tener en especial consideración las indicaciones de la normativa vigente.

Los depósitos se deben equipar con niveles que puedan por un lado advertir de la falta de producto así como detener la bomba para evitar su trabajo en vacío.

Por otro lado el depósito esta equipado con un nivel continuo con varios puntos de consigna a saber:

- Nivel mínimo: envía la señal para que se inicie trasvase de producto

- Nivel mínimo-mínimo: detiene las bombas dosificadoras para protegerlas de una marcha en vacío.
- Nivel máximo: se detiene la fase de trasvase de producto.
- Nivel de máximo-máximo: se envía alarma al cuadro central de mando y control (fallo en la parada de la bomba de trasvase).
- La forma de dosificación de este reactivo se efectúa proporcional al caudal de agua bruta a tratar.
- Las bombas dosificadoras se pondrán en batería, con una reserva en capacidad de al menos el 50%.
- Se justificarán los parámetros de diseño de la instalación de dosificación atendiendo, además de al buen resultado operativo del tratamiento, a la facilidad de mantenimiento y explotación (volumen de depósito de reactivo, bombas de reserva, etc...).
- La implantación de los equipos se realizará con la holgura suficiente para poder trabajar con comodidad en su entorno, evitándose las conducciones que obstruyan el paso, elementos demasiado cerca de paredes, elementos elevados sin acceso, etc.

5. RECIRCULACIÓN DE FANGOS

5.1 Introducción

En los procesos de eliminación de fósforo y nitrógeno es fundamental el establecimiento adecuado de las recirculaciones externas e internas para obtener los parámetros de reducción adecuados. Hay dos tipos de recirculaciones: la externa al biológico y la interna.

5.2 Recirculación externa de fangos

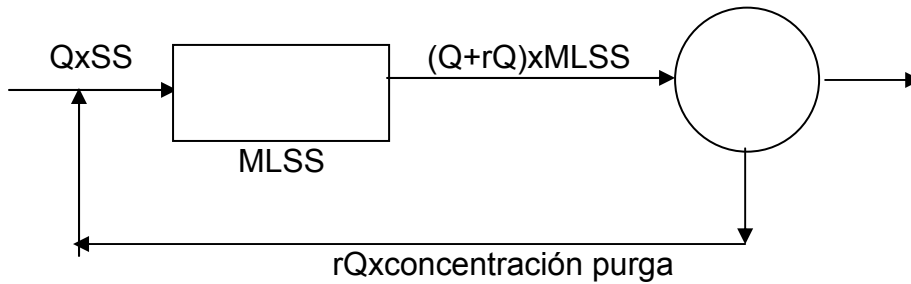
Para la recirculación externa de fangos es muy importante definir y justificar la capacidad de recirculación necesaria para mantener el equilibrio biológico del sistema proyectado.

En dichos cálculos justificativos, se supondrá, a efectos de proyecto, que la concentración de fango recirculado es como máximo de ciento setenta y cinco (175 %) por ciento de la concentración de los SSLM de las balsas y nunca superior a los 8.000 mg/l.

Además la capacidad de recirculación nunca será inferior al 100% del caudal medio diario y se obtendrá como mínimo mediante tantas unidades iguales como balsas se hayan diseñado. Se instalará además, una unidad de reserva, iguales a las anteriores.

La arqueta de recirculación deberá de estar compartimentada para evitar la mezcla de los fangos de las distintas balsas, y tendrán impulsiones diferentes para cada unidad.

Por lo tanto la recirculación externa se emplea para mantener en las balsas biológicas la concentración de MLSS deseados:

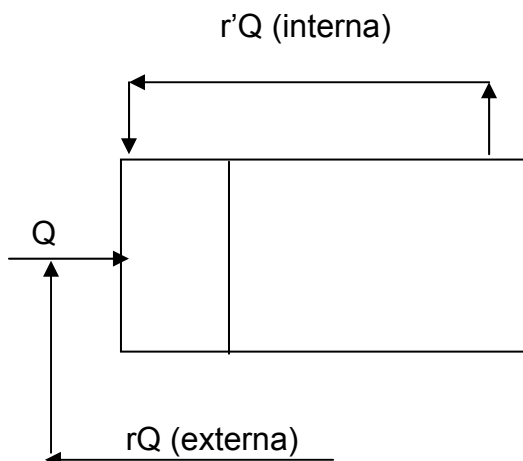


$QxSS+rQxC_p = (Q+rQ)xMLSS \rightarrow$ el explotador juega con la concentración de purga, C_p para $r = 100\%$

5.3 Recirculación interna de fangos

En el caso de la recirculación interna de fangos se definirá justificadamente la capacidad de recirculación necesaria para obtener los resultados de eliminación de nitrógeno requeridos.

Por lo tanto la recirculación interna se emplea para que la salida de NO_3 sea la deseada:



$$Q \times N\text{-NO}_3 \text{ entrada} = Q \times (1+r+r') \times \text{NO}_3 \text{ salida}$$

donde:

$$N\text{-NO}_3 \text{ entrada} = \text{Máximo N-NO}_3 \text{ a eliminar}$$

$$N\text{-NO}_3 \text{ salida} = 80\% \text{ del nitrógeno total previsto de salida}$$

r' depende siempre de la recirculación interna que se haya adoptado.

Tanto en la recirculación externa como interna se tendrá en cuenta que para cada tubería de recirculación se incluirá un medidor de caudal electromagnético de fangos recirculados con inclusión de un totalizador. Así mismo el control de la recirculación se realizará de acuerdo con el caudal de entrada a la planta y según parámetros establecidos en el tratamiento biológico. Para ello se instalarán variadores de frecuencia en todas las bombas de recirculación.

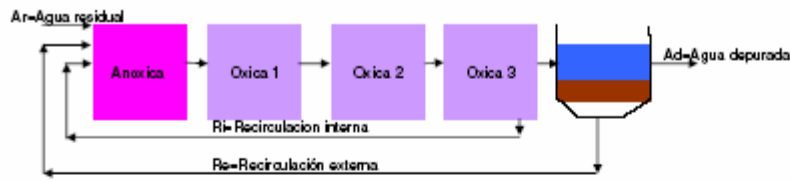
6. ESQUEMAS DE FUNCIONAMIENTO

Las distintas maneras de realizar tanto la recirculación externa como interna dieron lugar a diferentes modelos, a saber:

- Proceso de Bardenpho de 5 etapas.
- Proceso de Bardenpho de 3 etapas.
- Proceso A²/O
- Proceso Universidad de Cape Town
- Proceso de Cape Town modificado
- Proceso de Johannesburgo
- Procesos mixtos o Procesos del jefe de explotación de cada depuradora (el más importante y fiable).

A continuación se adjuntan los siguientes esquemas según la manera de realizar la recirculación interna y externa:

NITRIFICACION-DESNITRIFICACION



DESOSFATACION-NITRIFICACION-DESNITRIFICACION=A2O



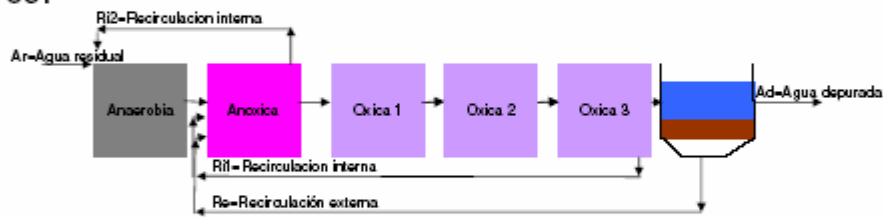
DESOSFATACION-NITRIFICACION-DESNITRIFICACION=BARDENPHO TRES ETAPAS



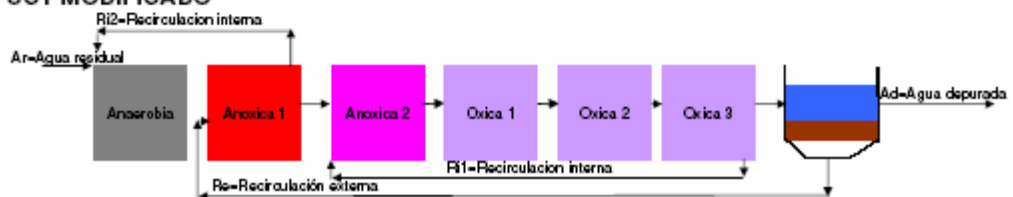
BARDENPHO CINCO ETAPAS

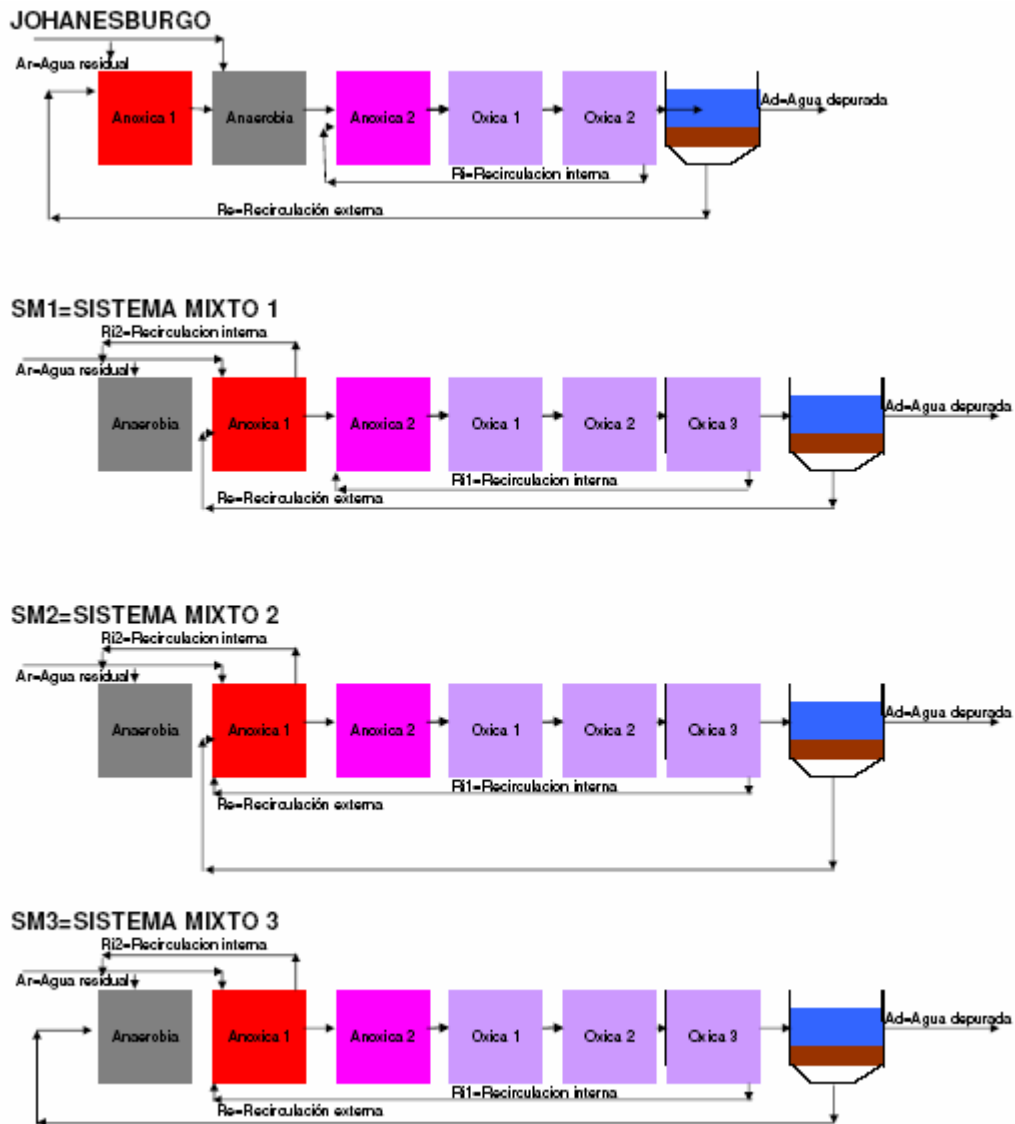


UCT



UCT MODIFICADO





7. ESQUEMAS TÍPICO DE UNA DEPURADORA CON ELIMINACIÓN DE NUTRIENTES

Un esquema típico de una estación depuradora o regeneradora de agua residual consistirá en:

LINEA DE AGUA

Aliviadero y derivación (by-pass) general *

Pozo de gruesos

Rejas y tamices de desbaste

Desarenado-desengrasado

Medidor de caudal

Decantación primaria

Biológico media carga (fangos activos)

Decantación secundaria

Recirculación de fangos

LINEA DE FANGOS

Tamizado de fangos primarios

Espesador fangos primarios por gravedad

Espesador fangos biológicos por flotación

Cámara de mezcla

Digestión aerobia ó anaerobia de fangos

Deshidratación (filtros banda, prensa, centrífugas) de fango

LINEA DE BIOGAS (caso digestiones anaerobias)

Línea de acero inoxidable para recogida de gas

Gasómetros

Esfera de gas

Calderas con quemadores de biogas para calentamiento de fangos a través del intercambiador de calor

Motogeneradores

Alternadores

Energía eléctrica

TRATAMIENTO TERCIARIO

Cámara de mezcla, dosificación de reactivos

Decantación

Filtración (arena, malla, anillas)

Desinfección (ozonización, cloración, ultravioleta)

Medidor de caudal

DESODORIZACIÓN

*Es importante destacar que todos los elementos de la planta tengan una derivación (by-pass) para que, en el caso de avería de cualquier componente mecánico, el resto de la edar/erar pueda seguir en funcionamiento. Así mismo es necesario desodorizar en todas las zonas que puedan ser conflictivas a la hora de producir olor: pretratamiento, espesadores, deshidratación fangos, etc.

8. RENDIMIENTOS DE DEPURACIÓN

Los rendimientos de depuración que se pueden llegar a alcanzar aparecen en la siguiente tabla:

PARAMETRO ELIMINADO	FANGOS ACTIVOS
DBO₅:	>95%
Sólidos en suspensión:	>95%
Nitrógeno:	<15 ppm

Fósforo:	<3 ppm
-----------------	--------

9. VENTAJAS E INCONVENIENTES EN LA REDUCCION DE NUTRIENTES

* Ventajas:

- Fundamental para el medio ambiente.
- Poca necesidad de superficie.
- Proceso muy flexible.
- Rendimientos muy altos en eliminación de materia orgánica.
- Rendimientos muy altos en eliminación de nutrientes.

* Inconvenientes:

- Alto coste de implantación.
- Alto coste de explotación.
- Proceso sensible a la temperatura.
- Biosólidos (fangos) sin estabilizar, salvo en el caso de aireaciones prolongadas.

10. BIBLIOGRAFIA

AGAMIT S.A. 1991: Depuración de Aguas Residuales. Manual de Operadores MOPT. Madrid.

AGAMIT S.A. 1987: Curso Básico para Operadores de Estación de Agua Residual. Dirección Regional de recursos Hidráulicos, Gobierno Autónomo de la Región de Murcia.

Metcalf-Eddy, 1979: Tratamiento y Depuración de Aguas Residuales. Ed Labor, Barcelona.

Depuración de Aguas Residuales, Aurelio Hernández Muñoz. Colección Señor N° 9, Servicio de Publicaciones de la E.T.S.I.C.C.P.

Manual Técnico del Agua. Degremont.

Fangos activos. Eliminación Biológica de Nutrientes. Bases teóricas de la Nitrificación y desnitrificación. Juan Antonio Cortacans Torre.

Curso del Cedex de Agua Residual. Varios autores. Madrid.

Parámetros de depuración en aguas residuales. Jorge Chamorro Alonso. Madrid.

Tratamientos no convencionales o alternativos a la depuración actual. Jaime la Iglesia Gandarillas. Del libro Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales. Juan Antonio Sainz Sastre. Colección EOI Medio Ambiente.