

XI Congreso Nacional de AIDIS Uruguay
Cambios, desafíos y soluciones: El rol de la Ingeniería Ambiental en el desarrollo sostenible



DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS DE
REMOCIÓN DE N y P
IMPLEMENTADOS EN INDUSTRIAS DE URUGUAY

MSc Ing. Quím. María José del Campo



25 al 27 de octubre de 2022



CONTENIDOS

- Introducción
- Fundamento teórico
- Análisis descriptivo de los sistemas de **remoción de P** en Uruguay
- Análisis descriptivo de los sistemas de **remoción de N** en Uruguay
- Conclusiones



INTRODUCCIÓN





FUNDAMENTO TEÓRICO



PROCESOS DE REMOCIÓN DE N y P

> REMOCIÓN BIOLÓGICA DE NITRÓGENO

Nitrificación autótrofa y aeróbica:

Desnitrificación heterótrofa y anóxica:

> REMOCIÓN BIOLÓGICA DE FÓSFORO

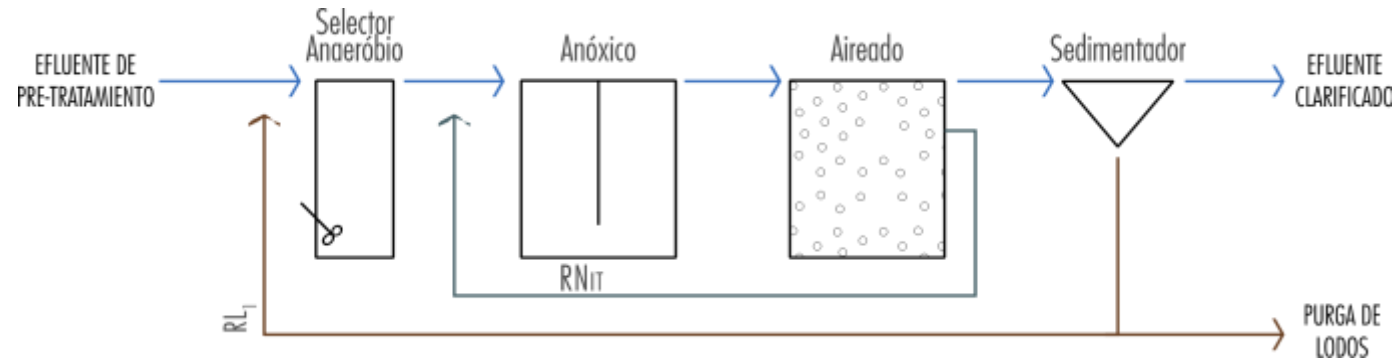
Incorporación bioaumentada de fósforo por bacterias PAO

(anaerobias que utilizan acetato como sustrato – proceso Phoredox)

> REMOCIÓN FISICOQUÍMICA DE FÓSFORO

Precipitación con sales de metal (Fe^{+3} , Al^{+3} , Fe^{+2}), cal en desuso

SISTEMAS DE LODOS ACTIVADOS



Los procesos anteriores se implementan mediante tecnología de:

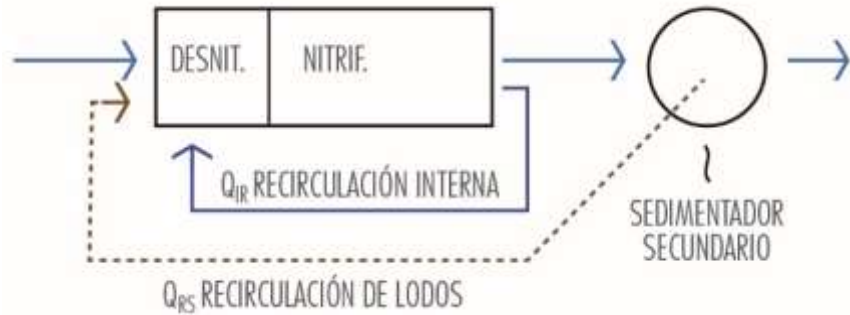
Sistema de Lodos Activados (SLA) y Sequencing Batch Reactor (SBR)

Son las tecnologías:

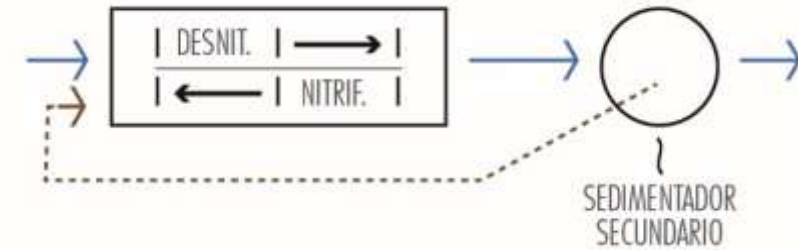
- más económicas, y
- ampliamente implementadas a nivel mundial para el tratamiento de efluentes con relación C/N y C/P moderadas..

Una característica de estas tecnologías, es el **desarrollo de distintas configuraciones**, que permiten potenciar determinadas ventajas de los procesos biológicos, en función de distintas condiciones del influente.

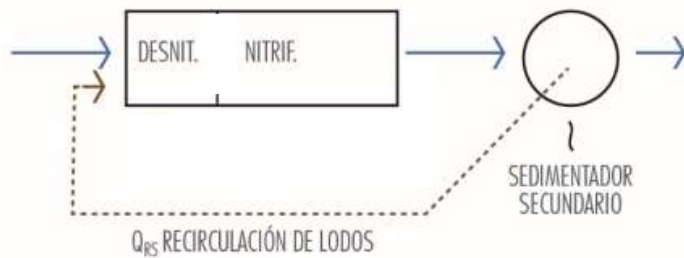
CONFIGURACIONES DE LOS SLA



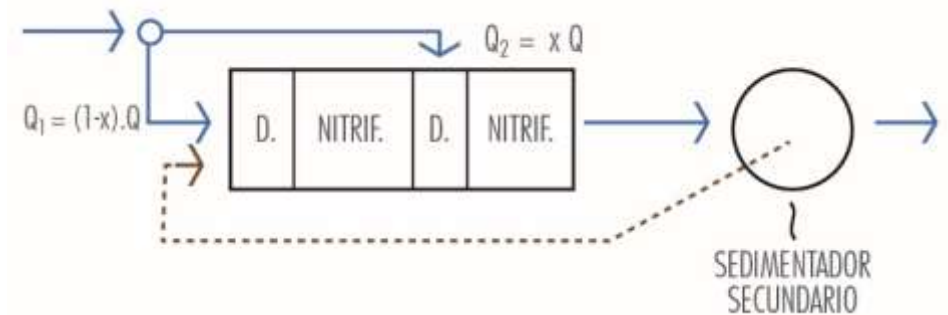
SLA desnitrificación de cabeza



SLA simultáneo
(zanja oxidación con N/D)



SLA intermitente
(zonas N/D varían en el tiempo)

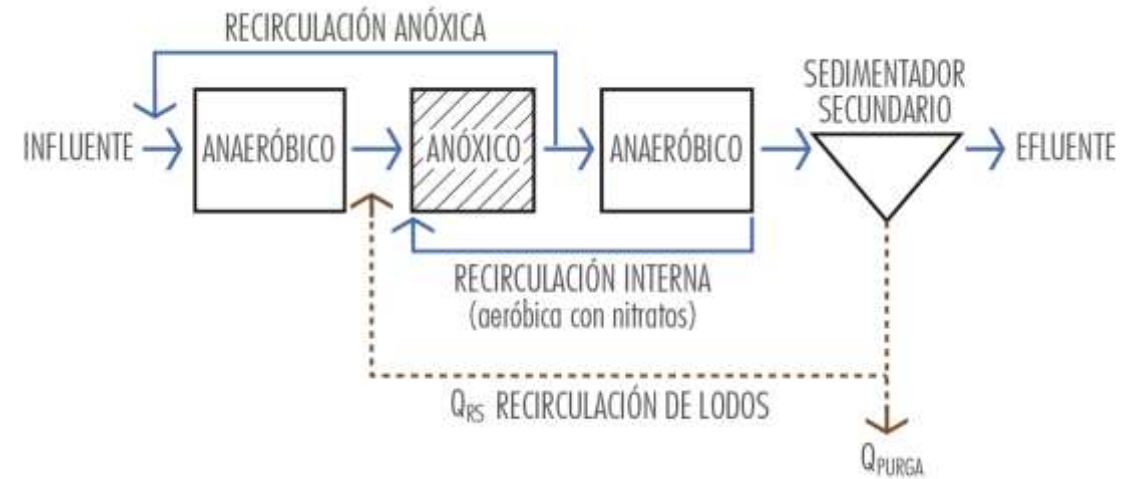


SLA en cascada (2 trenes)

CONFIGURACIONES DE LOS SLA



A2/O - N/D con remoción biológica de P



UCT - N/D con remoción biológica de P

OBJETIVO



Realizar un **relevamiento de los sistemas de remoción de nutrientes instalados en Uruguay,**

las tecnologías, las configuraciones de tratamiento y las cargas que se puede remover con el uso de estos sistemas

CARACTERÍSTICAS DEL RELEVAMIENTO

Se relevó todas las industrias que vierten a curso de agua, con caudal de diseño mayor a 200 m³/d

Se tomó como grupo de estudio aquellas industrias que:

- **cuentan** con sistema *específico* de remoción de nutrientes **construido y operando**,
- además **se incluyó** a industrias con proyecto de ingeniería aprobado por DINACEA y **en construcción**



Ministerio
de Ambiente

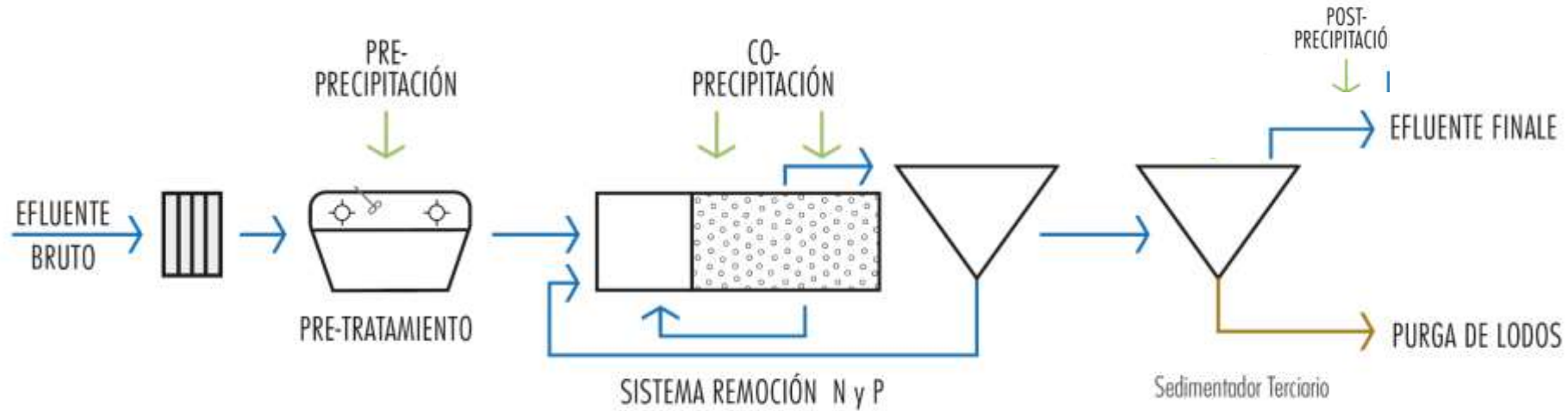
RESULTADOS Y ANÁLISIS



SISTEMAS DE REMOCIÓN DE FÓSFORO

- > **Remoción biológica**
7 industrias A2/O o UCT (1 láctea, 1 maltería, 1 alimentos, 4 frigoríficos)
todas realizan también agregado de sulfato de aluminio o cloruro férrico
- > **Remoción fisicoquímica**
34 industrias
- > **Humedales**
2 industrias

Punto de dosificación con remoción de fósforo



9 pre- precip

- 7 DAF
- Una en tanque de coagulación – floculación
- Cal en corriente segregada

22 co- precip:

Lugar donde se agrega:
por igual en reactor
aireado y en línea con
sedimentador

3 post- precip:

Implica un sedimentador
posterior (2 tienen
sedimentador lamella)

ANÁLISIS COMPARATIVO

de los sistemas de remoción de P

Analizar si existe relación o preferencia entre el tipo de remoción de fósforo y:

- Rubro industrial
- Caudal de ingreso de diseño al sistema de remoción de fósforo
- Cargas de ingreso de diseño a la planta de tratamiento de efluentes (cargas brutas)



ANÁLISIS COMPARATIVO

de los sistemas de remoción de P (cont.)

Punto de dosificación
Co-precip
Pre-precip
Post-precip

ANÁLISIS COMPARATIVO

de los sistemas de remoción de P (cont.)

Punto de dosificación	Cantidad industrias
Co-precip	22
Pre-precip	9
Post-precip	3

ANÁLISIS COMPARATIVO

de los sistemas de remoción de P (cont.)

Punto de dosificación	Cantidad industrias	Sal agregada
Co-precip	22	Al ₂ (SO ₄) ₃ FeCl ₃
Pre-precip	9	Al ₂ (SO ₄) ₃ FeCl ₃ PAC cal
Post-precip	3	Al ₂ (SO ₄) ₃ FeCl ₃ Fe ₂ (SO ₄) ₃

ANÁLISIS COMPARATIVO

de los sistemas de remoción de P (cont.)

Punto de dosificación	Cantidad industrias	Sal agregada	Rubro
Co-precip	22	Al ₂ (SO ₄) ₃ FeCl ₃	frigoríficos, subproductos cárnicos, malterías, lácteas, curtiembre y celulosa
Pre-precip	9	Al ₂ (SO ₄) ₃ FeCl ₃ PAC cal	frigorífico, suproductos cárnicos, láctea, alimentos, celulosa
Post-precip	3	Al ₂ (SO ₄) ₃ FeCl ₃ Fe ₂ (SO ₄) ₃	frigorífico, láctea, cervecería

ANÁLISIS COMPARATIVO

de los sistemas de remoción de P (cont.)

Punto de dosificación	Cantidad industrias	Sal agregada	Rubro	Rango de caudal de diseño del sistema de remoción de P (m ³ /d)
Co-precip	22	Al ₂ (SO ₄) ₃ FeCl ₃	frigoríficos, subproductos cárnicos, malterías, lácteas, curtiembre y celulosa	200 - 6000
Pre-precip	9	Al ₂ (SO ₄) ₃ FeCl ₃ PAC cal	frigorífico, suproductos cárnicos, láctea, alimentos, celulosa	220 - 1600
Post-precip	3	Al ₂ (SO ₄) ₃ FeCl ₃ Fe ₂ (SO ₄) ₃	frigorífico, láctea, cervecería	200 - 2500

ANÁLISIS COMPARATIVO

de los sistemas de remoción de P (cont.)

Punto de dosificación	Cantidad industrias	Sal agregada	Rubro	Rango de caudal de diseño del sistema de remoción de P (m ³ /d)	Rango de cargas de P removida (kg P/d)
Co-precip	22	Al ₂ (SO ₄) ₃ FeCl ₃	frigoríficos, subproductos cárnicos, malterías, lácteas, curtiembre y celulosa	200 - 6000	2 - 140
Pre-precip	9	Al ₂ (SO ₄) ₃ FeCl ₃ PAC cal	frigorífico, suproductos cárnicos, láctea, alimentos, celulosa	220 - 1600	2 - 60
Post-precip	3	Al ₂ (SO ₄) ₃ FeCl ₃ Fe ₂ (SO ₄) ₃	frigorífico, láctea, cervecería	200 - 2500	2 - 80

SISTEMAS DE REMOCIÓN DE NITRÓGENO

> **33 industrias implementado sistema remoción de amonio (nitrificación) y/o nitrato (desnitrificación):**

- Sistemas de Lodos Activados (SLA)
- Sequential Batch Reactor (SBR)

> **Particularidades**

- Solo dos realizan agregado de materia orgánica externa para la desnitrificación (glicerina y metanol)



ANÁLISIS COMPARATIVO

de los sistemas de remoción de N

Sistema de remoción de N	Cantidad industrias	Rubro	Rango del caudal de diseño, del sistema de remoción de N (m ³ /d)	Rango de cargas de amonio removida (kg N/d) (*)
N/D con desnitrificación de cabeza	12	Alimentos, bebidas, frigoríficos, subproductos cárnicos, maltería, curtiembre, láctea y química	200 - 3000	35 - 1060
N/D A2O	3	Maltería, láctea	1025 - 6000	65 - 360
N/D UCT	3	Frigorífico, matadero aves, láctea, cervecería	960 - 2140	135 - 365
N/D intermitente	3	Curtiembre, láctea, subproductos cárnicos	210 - 2500	50 - 430
N/D simultáneo	1	Frigorífico	1250	125
N/D en cascada	1	Frigorífico	2300	590
SBR	2	Frigorífico, matadero aves	225 - 2500	125 - 790
SLA con nitrificación	6	Frigorífico, maltería	210 - 2800	20 - 175

(*) cargas removidas en toda la PTE

SISTEMAS DE LODOS ACTIVADOS

> SEDIMENTADOR

Se reparten por partes iguales:

- Construidos en hormigón
- Excavados en tierra

Todos: características constructivas adecuadas (succión de fondo, zonas de sedimentación,



> PARTICULARIDADES

- 2 industrias cuentan con MBR (Membrane Biofilm Reactor) > 1 láctea y 1 de alimentos
- 2 industrias cuentan con DAF

TRATAMIENTO DE DESHIDRATACIÓN DE LODOS

UNIDAD DE DESHIDRATACIÓN:

- centrífugas decanter,
- filtro de bandas,
- filtro prensa
- geotubos directamente (al menos 10 industrias).

LODOS QUE INGRESAN A UNIDAD DE DESHIDRATACIÓN

- en la mayoría aerobios,
- 4 industrias tienen digestión de lodos.

DESTINO FINAL

- compostaje,
- uso como mejorador de suelo o
- disposición en vertedero,



CONCLUSIONES

Analizando las industrias más significativas, (las que contienen N y P en efluente bruto, vertido a curso de agua, y caudal de diseño mayor a 200 m³/d), se tiene lo siguiente:

- Tecnologías implementadas en Uruguay y configuraciones, son acordes a las utilizadas internacionalmente
- Implica sistemas de gran tecnología en los aspectos constructivos, de equipamiento y de operación
- 34 industrias implementados sistemas de remoción de P
 - Punto de dosificación: mayoritario es la co-precipitación (22 industrias)
 - Sal más utilizada: sulfato de aluminio (23 industrias)



CONCLUSIONES (cont)

- 33 industrias implementado sistema de remoción de NH₄ (nitrificación) y 25 industrias implementado sistema de remoción de nitrógeno (nitrificación/desnitrificación)
- Configuración más utilizada N/D de cabeza (12 industrias), pero gran variedad de configuraciones
- Sedimentador: aspectos de diseño y construcción que implican tecnología

LINKS DE INTERÉS

Plan de Acción

https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/santalucia_3.pdf

Resolución RM 9/2013 - Dispone la Medida 1

<https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/2020-07/rm966-2013.pdf>

Plan de Acción - Medidas 2da generación

https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/PLAN_DE_ACCION_RIO_SANTA_LUCIA_-_MEDIDAS_DE_2da_GENERACION.pdf

Guía Herramientas para el Diseño de los Sistemas de Tratamiento de Remoción de Nutrientes

<https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/publicaciones/guia-herramientas-para-diseno-sistemas-tratamiento-remocion-nutrientes>

Sistemas de Tratamiento de remoción de N y P en industrias de la Cuenca del Río Santa Lucía –

<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/29392/1/Cam18.pdf>



Ministerio
de Ambiente

MUCHAS GRACIAS!

maria.delcampo@ambiente.gub.uy

