



Ciclo de 20

MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO

AGUASRESIDUALES.INFO



# MasterClass 15

“Modelización y simulación en la EDAR.”

## Héctor Rey Gosálbez

Especialista de Proceso (Agua) en Prointec.  
Docente en WALEBUBLE.  
Ingeniero Químico.



12  
Mayo

Ciclo de 20  
**MasterClass**

AGUASRESIDUALES.INFO

# SISTEMAS DE DEPURACIÓN

- Simulación para la optimización de diseño y operación de EDAR

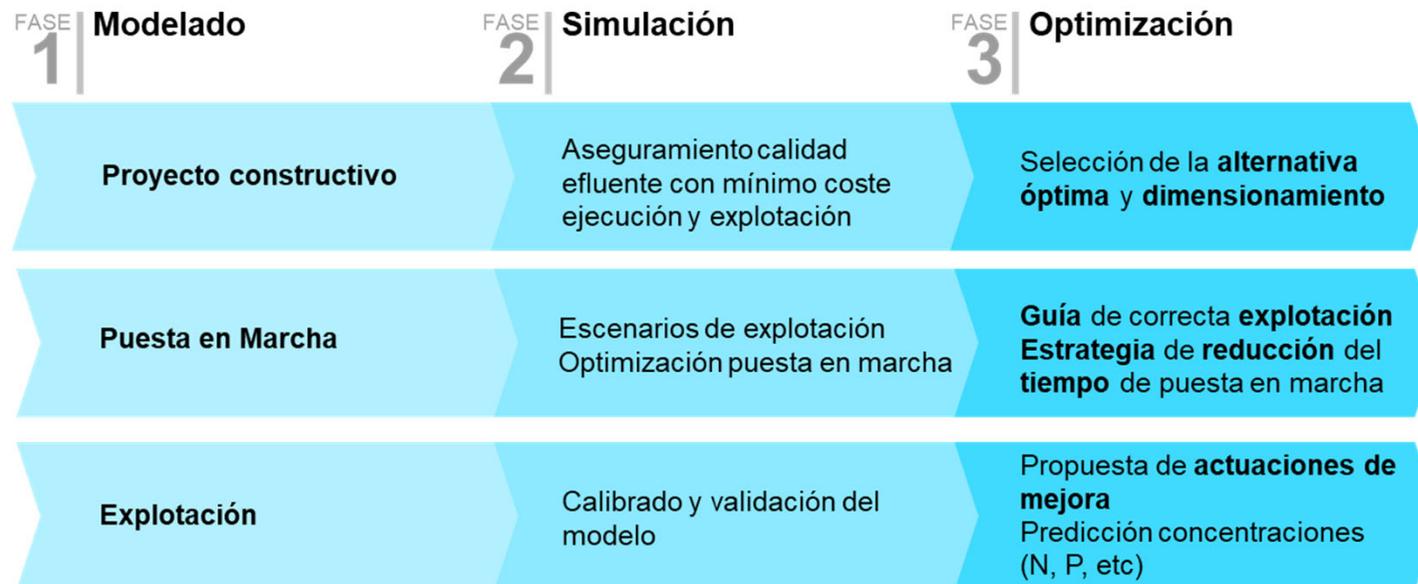
## Objetivos

- Seleccionar la alternativa de proceso óptima entre las diferentes tecnologías disponibles
- Revisar/Desarrollar proyectos de diseño de plantas de depuración
- Acelerar puesta en marcha de las plantas
- Optimizar el proceso de eliminación de Nitrógeno y Fósforo
- Minimizar costes de operación asegurando cumplimiento de Normativa

Modelos Matemáticos desarrollados por



Eliminación de Materia Orgánica, Nitrógeno y Fósforo

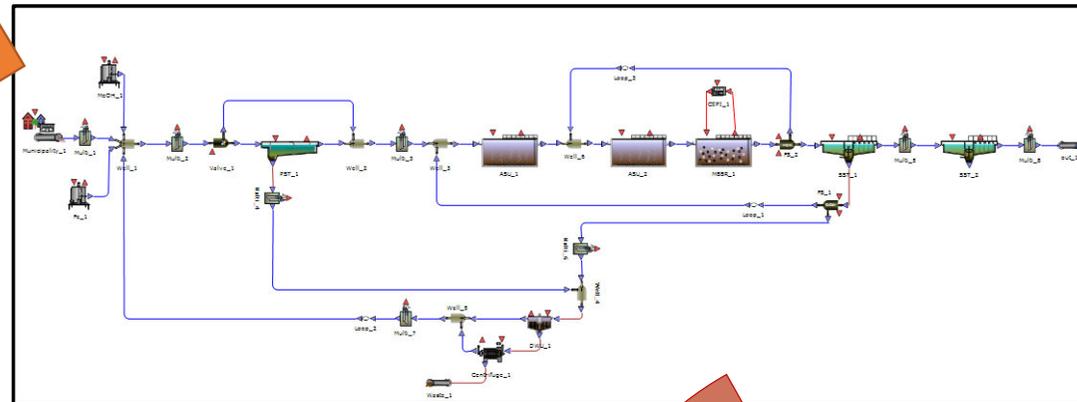
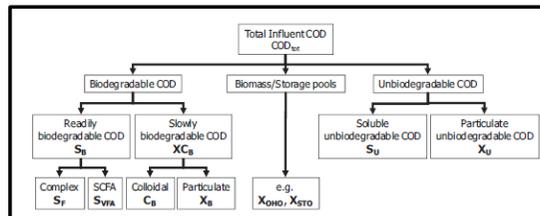


# ¿QUÉ SON LOS MODELOS ASM?

Mundo real



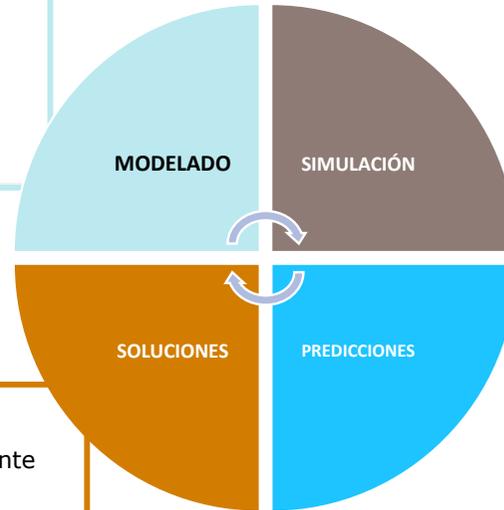
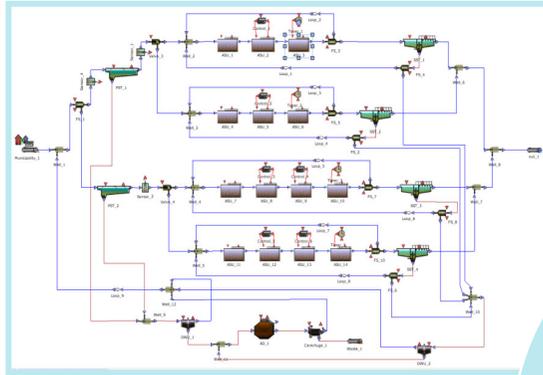
Introducción de información



Modelo matemático de fangos activados (ASM) con software

Resultados del modelo

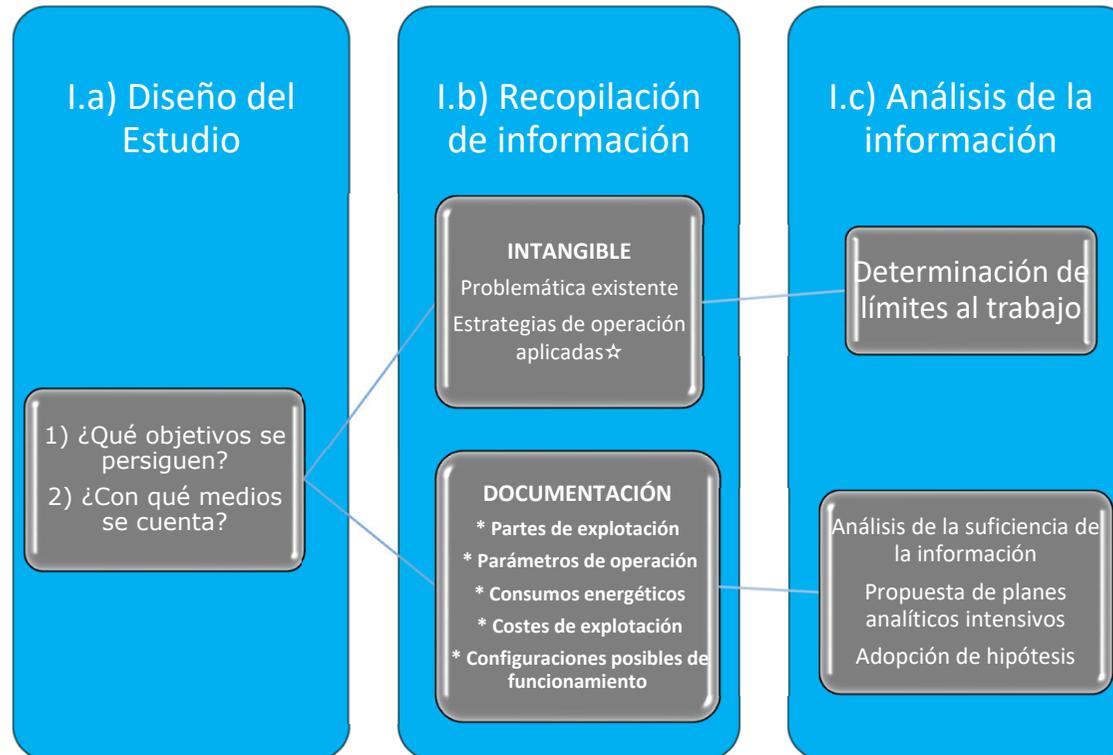
# FUNCIONAMIENTO DEL SIMULADOR



- Diseños optimizados
- Mejora de la calidad del efluente
- Reducción de costes
- Anticipación a problemas

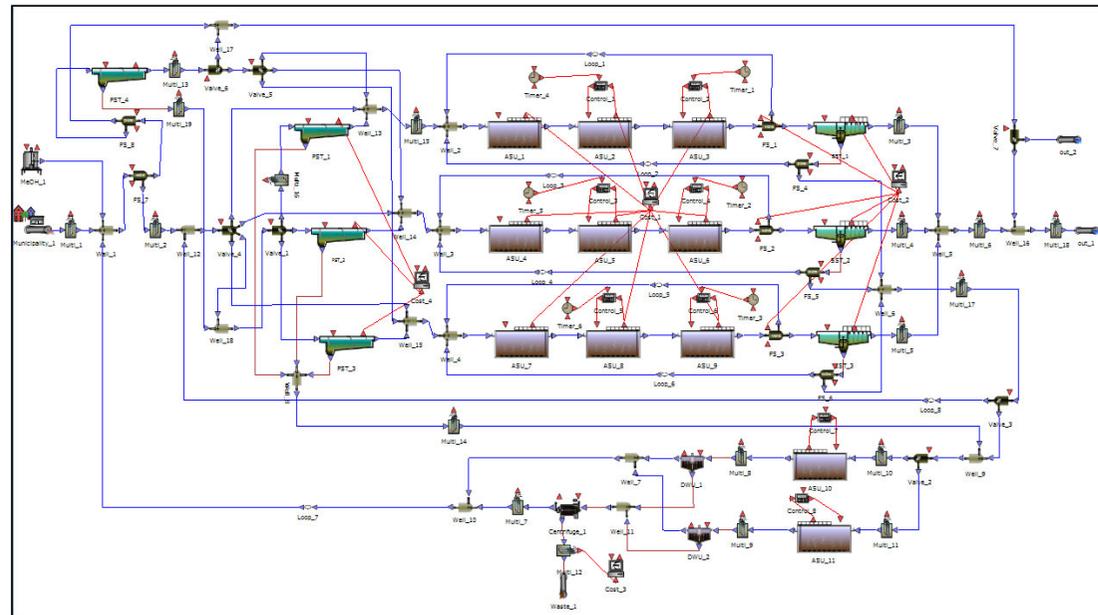
# FASES DEL ESTUDIO DE MODELADO Y SIMULACIÓN

- Fase I. Diseño del estudio, recopilación y análisis de la información



# FASES DEL ESTUDIO DE MODELADO Y SIMULACIÓN

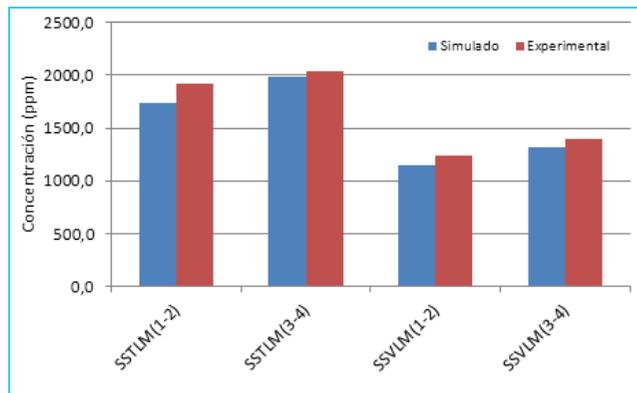
- Fase II. Generación del modelo matemático integral de EDAR con herramienta de modelado y simulación.



# FASES DEL ESTUDIO DE MODELADO Y SIMULACIÓN

- Fase III. Calibración y validación del modelo, al objeto de aumentar el grado de predicción de las simulaciones a realizar.

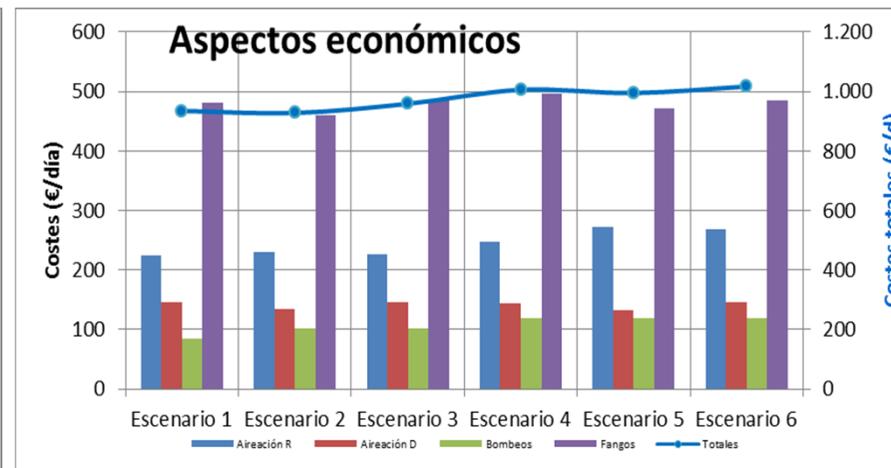
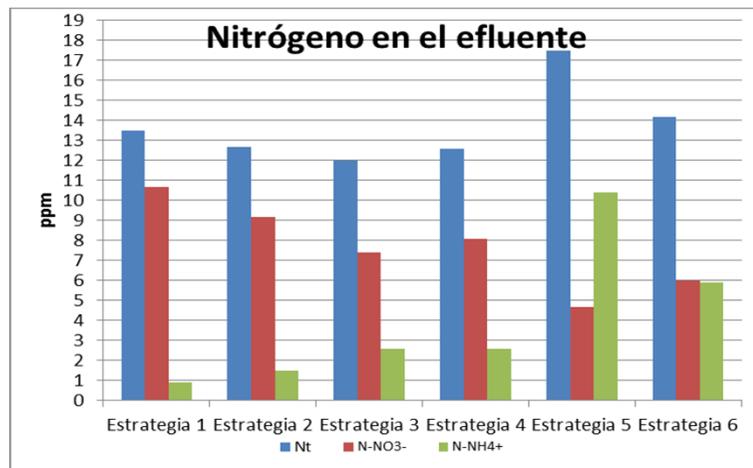
Para ello se establecen una serie de **puntos de chequeo** relativos al grado de semejanza alcanzado entre las predicciones del modelo y los valores experimentales, comprobando si están dentro de los márgenes de error admisibles.



Valores comparados del efluente y SSLM en el reactor.						
Parámetro	Periodo 1		Periodo 2			
	Según método IWA	Según método dispersión	Rango de error aceptable (±)	Según Método IWA	Según Método Dispersión	
	Diferencia (ppm o %) / ¿Aceptable?	Dispersión calculada / ¿Aceptable?		Diferencia (ppm o %) / ¿Aceptable?	Rango de dispersión aceptable	Dispersión calculada / ¿Aceptable?
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,67 / ✓	0,65 / ✓	1,00	1,29 / ✗	0,83	0,20 / ✓
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,10 / ✓	0,15 / ✓	5,00	0,88 / ✓	0,85	0,24 / ✓
NT	2,99 / ✓	0,23 / ✓	6,00	3,53 / ✓	0,27	0,22 / ✓
DQO	7,58 / ✓	0,16 / ✓	15,00	0,70 / ✓	0,73	0,41 / ✓
SSLM	9,56% / ✓	0,28 / ✓	17%	1,07% / ✓	-	0,09 / ✓
SSVLM	10,08% / ✓	0,24 / ✓	17%	0,82% / ✓	-	0,10 / ✓

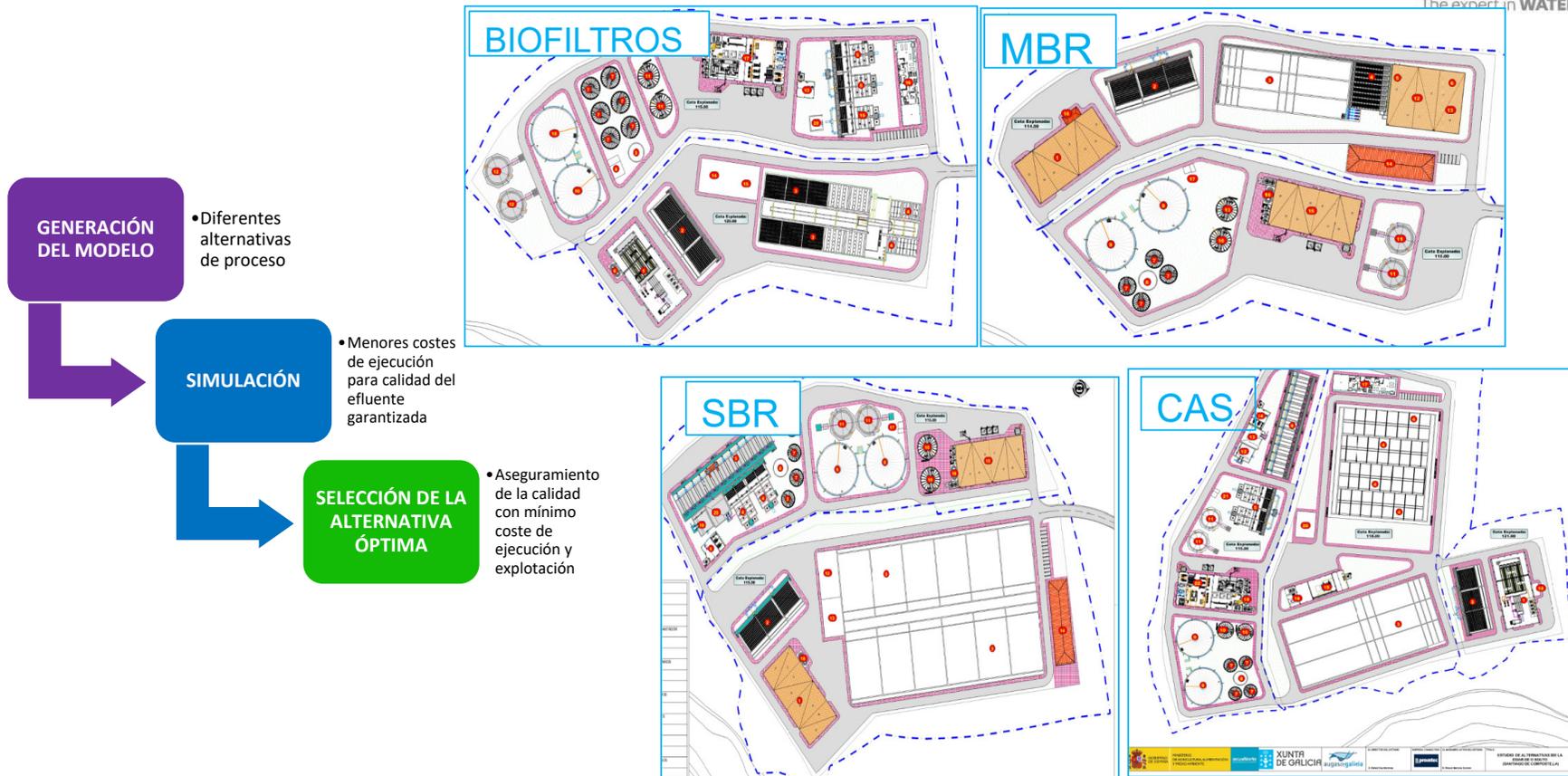
# FASES DEL ESTUDIO DE MODELADO Y SIMULACIÓN

- Fase IV. Optimización de la operación. Se simulan diferentes escenarios de explotación considerados de interés a simular (episodios de lluvia, operación con diferentes temperaturas del licor mezcla, hipotéticos vertidos industriales, etc...).



## APLICACIÓN EN DISEÑOS (NUEVA CONSTRUCCIÓN O REMODELACIÓN)

■ CASO DE LA EDAR DE SANTIAGO DE COMPOSTELA (ESPAÑA)



# APLICACIÓN EN PUESTAS EN MARCHA

■ CASO DE LA EDAR DE AIN SEFRA (ARGELIA)

**MODELADO**

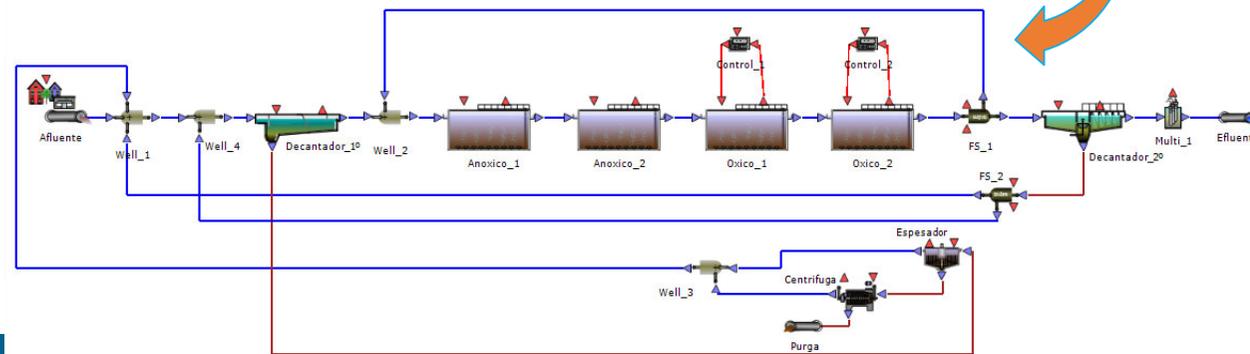
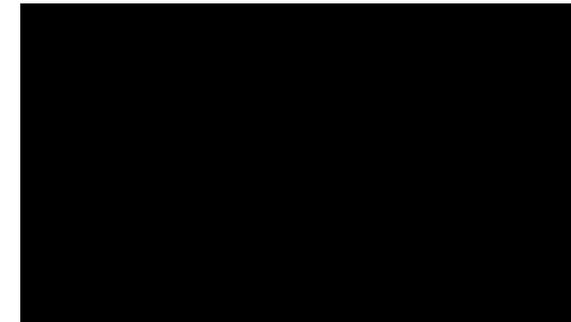
- Modelo ASM1 de la IWA (eliminación de materia orgánica y nitrógeno).

**SIMULACIÓN**

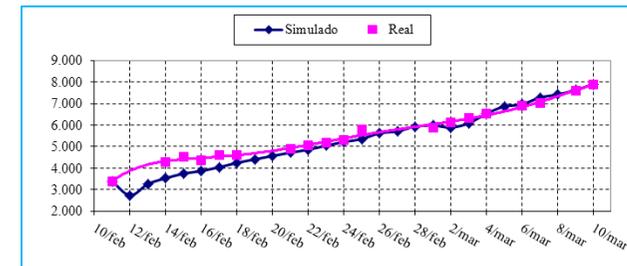
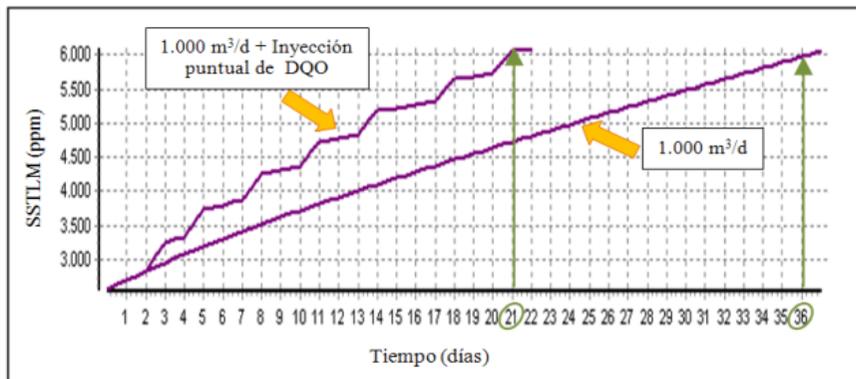
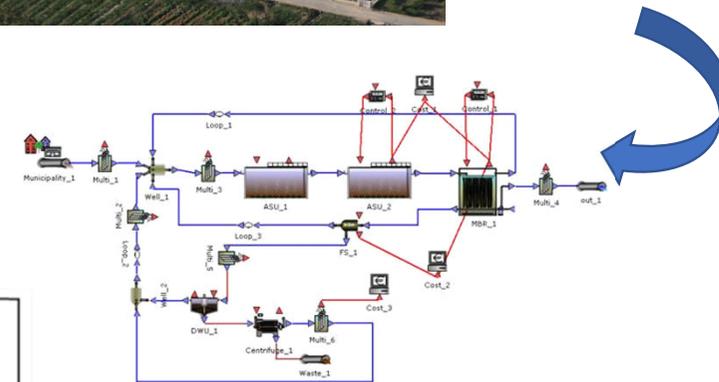
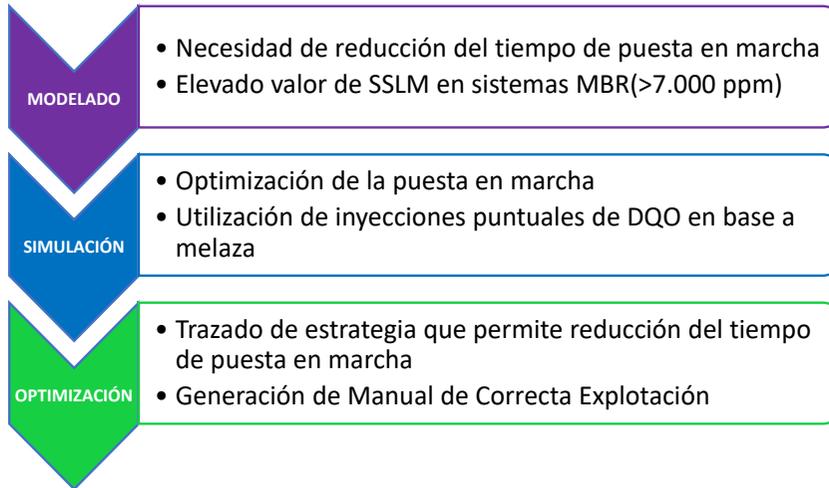
- Diferentes escenarios de explotación previsibles.

**GUÍA DE CORRECTA EXPLOTACIÓN**

- Cargas contaminantes diferentes a las del proyecto.
- Guía de explotación ante diferentes escenarios (invierno, verano, etc...).

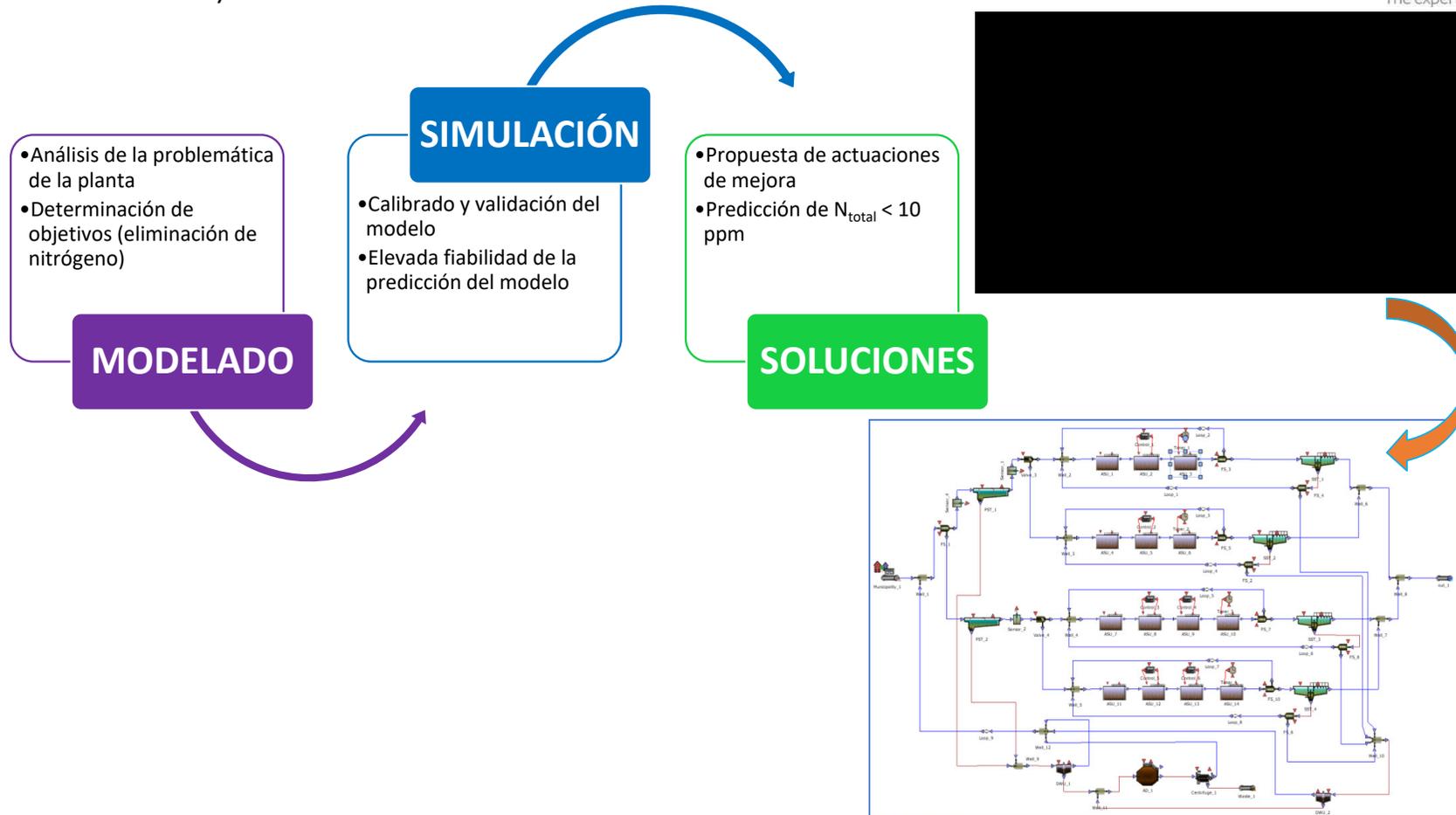


■ CASO DEL MBR DE ARENALES DEL SOL (ESPAÑA)



# APLICACIÓN EN LA EXPLOTACIÓN

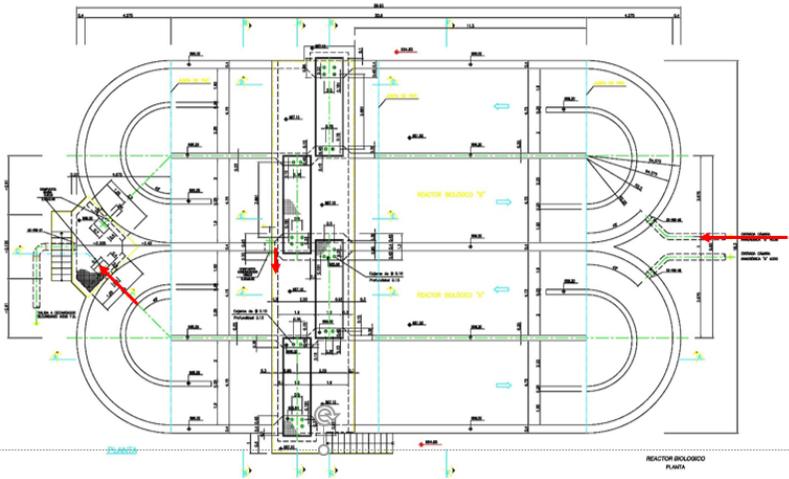
- CASO DE LA EDAR DE NAVARROSILLOS (MADRID, ESPAÑA)



# APLICACIÓN EN LA EXPLOTACIÓN

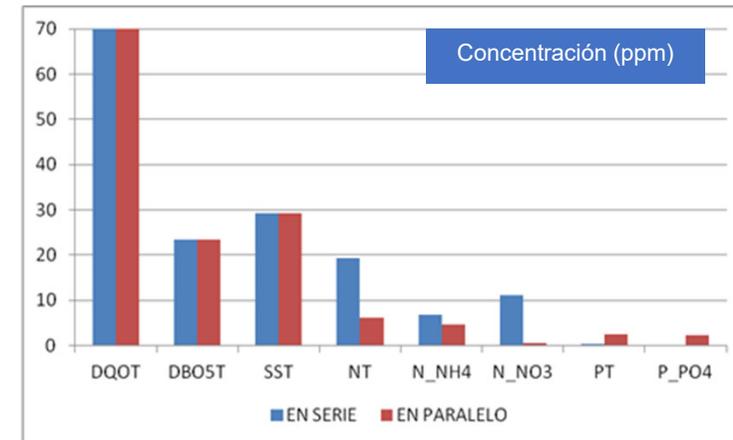
■ CASO DE LA EDAR DE MADRIGUERAS (ESPAÑA)

- Problemática por la que a pesar de presentar unas cargas influentes inferiores a las de diseño, reitera un incumplimiento habitual en la calidad del vertido.



- Sobre la figura se observa como la operación habitual consiste en operar los reactores en serie, siguiendo el agua el curso indicado mediante líneas de color rojo.

	OPERACIÓN	
	SERIE	PARALELO
DQO <sub>T</sub>	70,6	70,5
DBO <sub>5T</sub>	23,5	23,5
SST	29,3	29,3
N <sub>T</sub>	19,3	6,2
N <sub>NH<sub>4</sub></sub>	6,9	4,6
N <sub>NO<sub>3</sub></sub>	11,2	0,5
P <sub>T</sub>	0,3	2,6
P <sub>PO<sub>4</sub></sub>	0,2	2,4

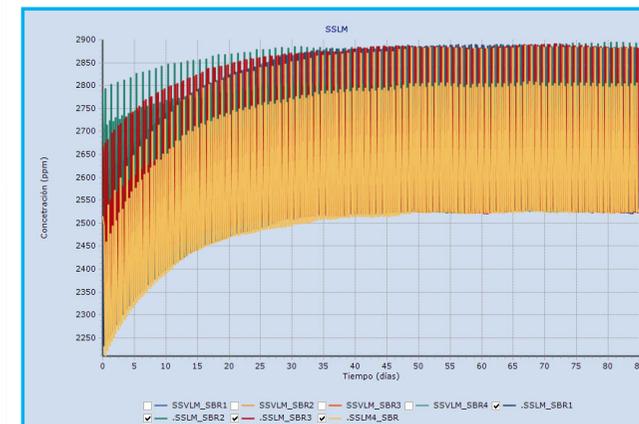
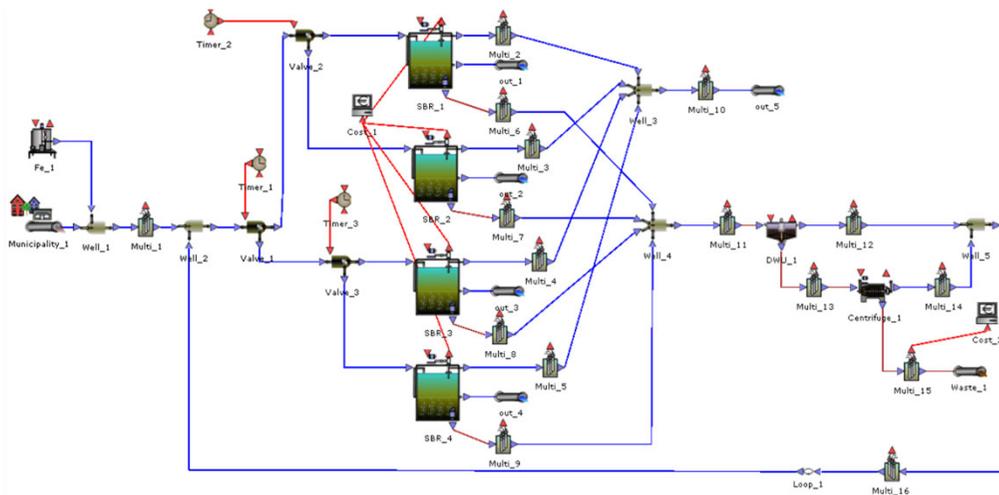


# APLICACIÓN EN DISEÑO (NUEVA CONSTRUCCIÓN)

## ■ CASO DE LA EDAR DE CUELLAR (ESPAÑA)

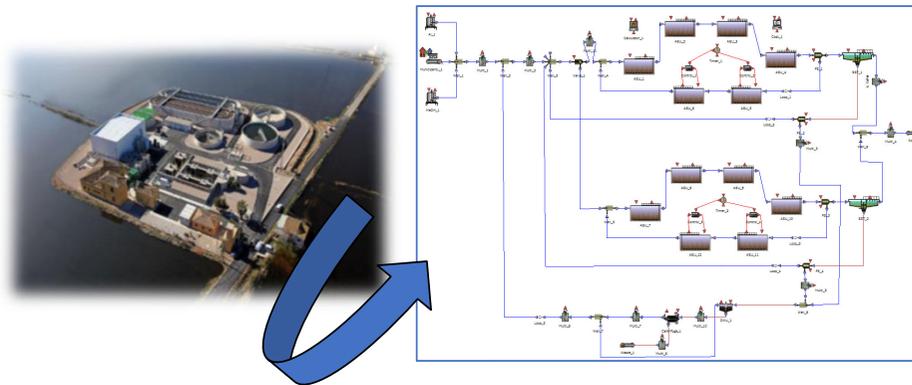
### ➤ Aplicación para la revision del diseño de la empresa tecnológica

- Se observa en la gráfica cómo el valor máximo de SSLM alcanzado es de unos 2.900 ppm, con un mínimo de unos 2.500 ppm, lo que claramente está alertando sobre el hecho de que la carga de DQO del influente resulte insuficiente para elevar la concentración de los SSLM en el reactor hasta los 5.500 ppm fijados en diseño del proyecto, siendo necesaria la adición de sustrato soluble fácilmente biodegradable externo, ya sea vía metanol o melaza.



# ANÁLISIS DE POSIBILIDAD DE MEJORA DE OPERACIÓN

- CASO DE LA EDAR DE SUECA (ESPAÑA)
  - Valoración de si la planta es capaz o no de operar en época estival con dos líneas de secundario en operación en lugar de una, y el ahorro energético que puede suponer.



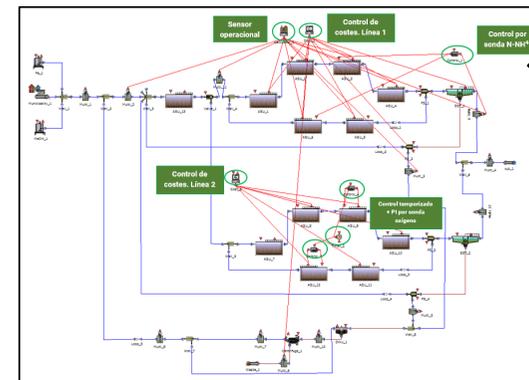
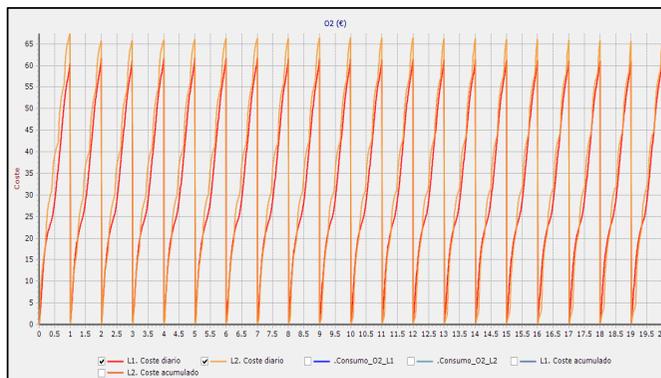
Una vez calibrado y validado el modelo, se ha comprobado que un solo carrusel de aireación y su decantador secundario sí deberían ser suficientes como para operar adecuadamente y obtener una calidad del efluente acorde a las exigencias de vertido.

El operar con una única línea de reactor biológico conlleva una serie de ahorros (menor consumo de sulfato de alúmina por un mayor consumo de oxígeno por  $m^3$  de reactor, como reactivo precipitante y un 5% en el consumo de oxígeno), pero en contrapartida se generan 90 kg MS/d de fangos adicionales, debido a la operación con una mayor edad del fango. Resultado del balance global, el operar con una sola línea supondría un ahorro de 3.742€ durante el periodo estival.

# ANÁLISIS DE POSIBILIDAD DE MEJORA DE OPERACIÓN

## ■ CASO DE LA EDAR DE ALCUDIA (ESPAÑA)

- Valoración de el ahorro económico que puede suponer sustituir el actual sistema de control de la aireación en el reactor (consignas de oxígeno y temporización), por un nuevo sistema de control a través de medida mediante sonda de amonio en el efluente.



En **naranja**, el coste diario acumulado por aireación de la estrategia existente, y en **rojo**, la de por el nuevo control por consigna de aireación mediante sonda de amonio.

La estrategia de operación mediante sonda de amonio (en color rojo), posee un coste diario (61,8 €/d) ligeramente inferior al del control mediante sonda de oxígeno disuelto y temporización (en color naranja y estimado en 67,2 €/d), concretamente de un 8,7%.

Caso de estudio publicado en la revista *Water Research*: “CFD simulation of fluid dynamic and biokinetic processes within activated sludge reactors under intermittent aeration regime”

**MasterClass**  
patrocinada por:



Artículo publicado en la revista *Water Research* (la de mayor impacto mundial en el campo de depuración), realizado por Francisco Sánchez, Héctor Rey, (et al.), acerca de la utilización de herramientas CFD combinadas con el modelo ASM1, para optimizar el sistema de aireación a instalar en una EDAR.

Water Research 139 (2018) 47–57



CFD simulation of fluid dynamic and biokinetic processes within activated sludge reactors under intermittent aeration regime

F. Sánchez <sup>a</sup>, H. Rey <sup>b, c, \*</sup>, A. Viedma <sup>a</sup>, F. Nicolás-Pérez <sup>d</sup>, A.S. Kaiser <sup>a</sup>, M. Martínez <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos, Universidad Politécnica de Cartagena, Dr. Fleming, s/n, 30202, Cartagena, Spain

<sup>b</sup> Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera 14, P.O. Box 46022, Valencia, Spain

<sup>c</sup> Prointec S.A., C/ De San Julián n.º 1, 28108 Alcobendas, Madrid, Spain

<sup>d</sup> Lynx Simulations S.L., Calderón de la Barca 31, 30180 Bullas, Spain



ARTICLE INFO

Article history:

Received 16 November 2017

Received in revised form

10 March 2018

Accepted 27 March 2018

Available online 28 March 2018

Keywords:

WWTP

CFD

ASM1

Intermittent aeration

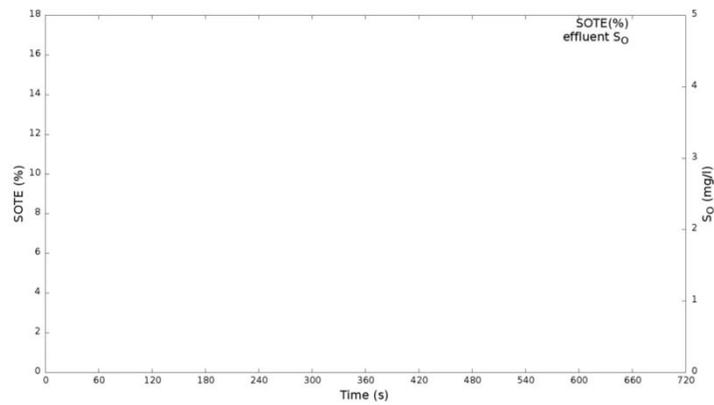
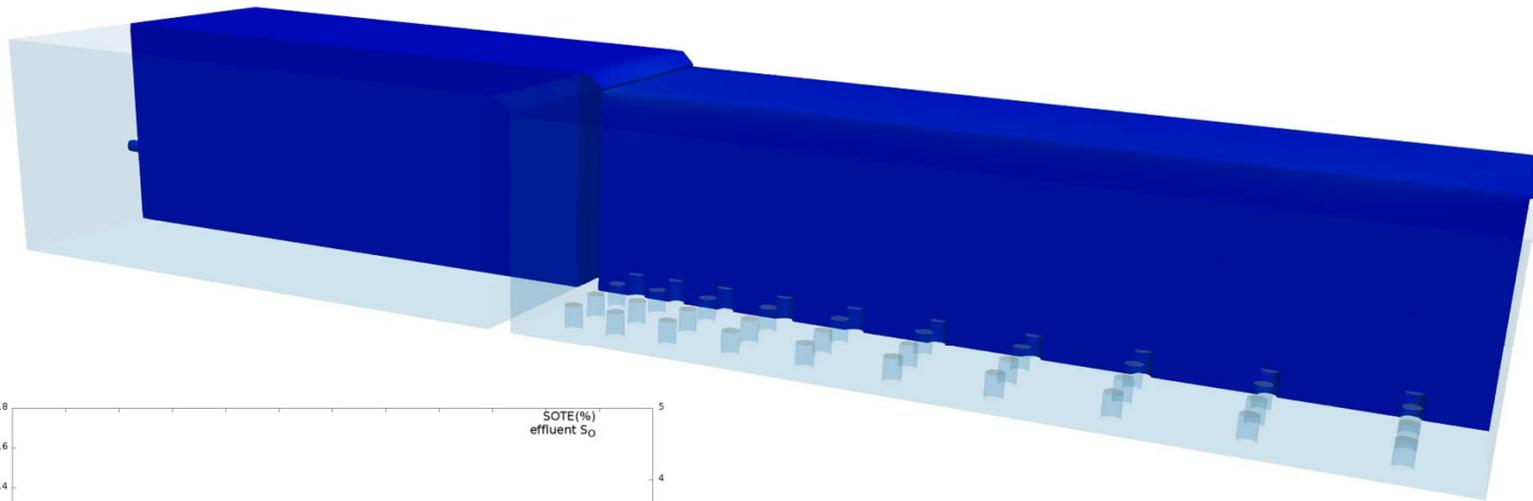
ABSTRACT

Due to the aeration system, biological reactors are the most energy-consuming facilities of convectional WWTPs. Many biological reactors work under intermittent aeration regime; the optimization of the aeration process (air diffuser layout, air flow rate per diffuser, aeration length ...) is necessary to ensure an efficient performance; satisfying the effluent requirements with the minimum energy consumption.

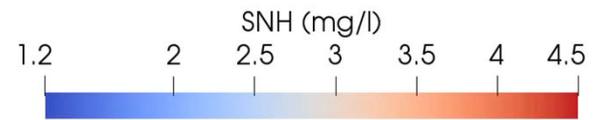
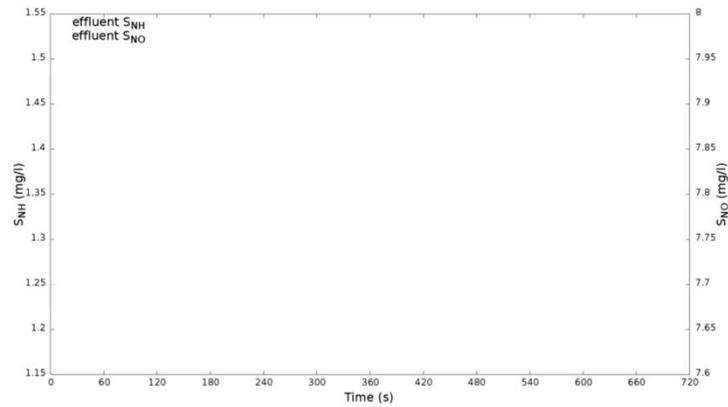
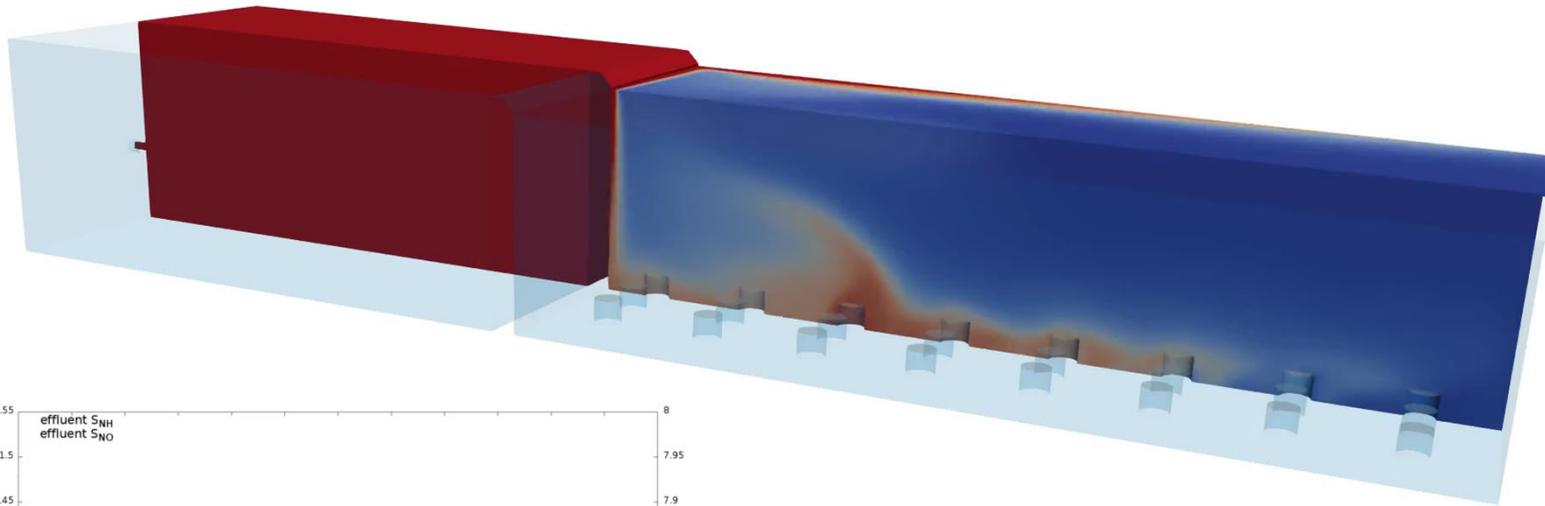
This work develops a CFD modelling of an activated sludge reactor (ASR) which works under intermittent aeration regime. The model considers the fluid dynamic and biological processes within the ASR. The biological simulation, which is transient, takes into account the intermittent aeration regime. The CFD modelling is employed for the selection of the aeration system of an ASR. Two different aeration configurations are simulated. The model evaluates the aeration power consumption necessary to satisfy the effluent requirements. An improvement of 2.8% in terms of energy consumption is achieved by modifying the air diffuser layout. An analysis of the influence of the air flow rate per diffuser on the ASR performance is carried out. The results show a reduction of 14.5% in the energy consumption of the aeration system when the air flow rate per diffuser is reduced. The model provides an insight into the aeration inefficiencies produced within ASRs.

© 2018 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Time: 0 s  
Air OFF



Time: 0 s  
 Air OFF



# ¿DESEAS APRENDER A SIMULAR ?

1 mes de licencia temporal gratuita de WEST



Formación *online* sobre modelado y simulación



Aprendizaje simulación



Guía de manejo de WEST en idioma español

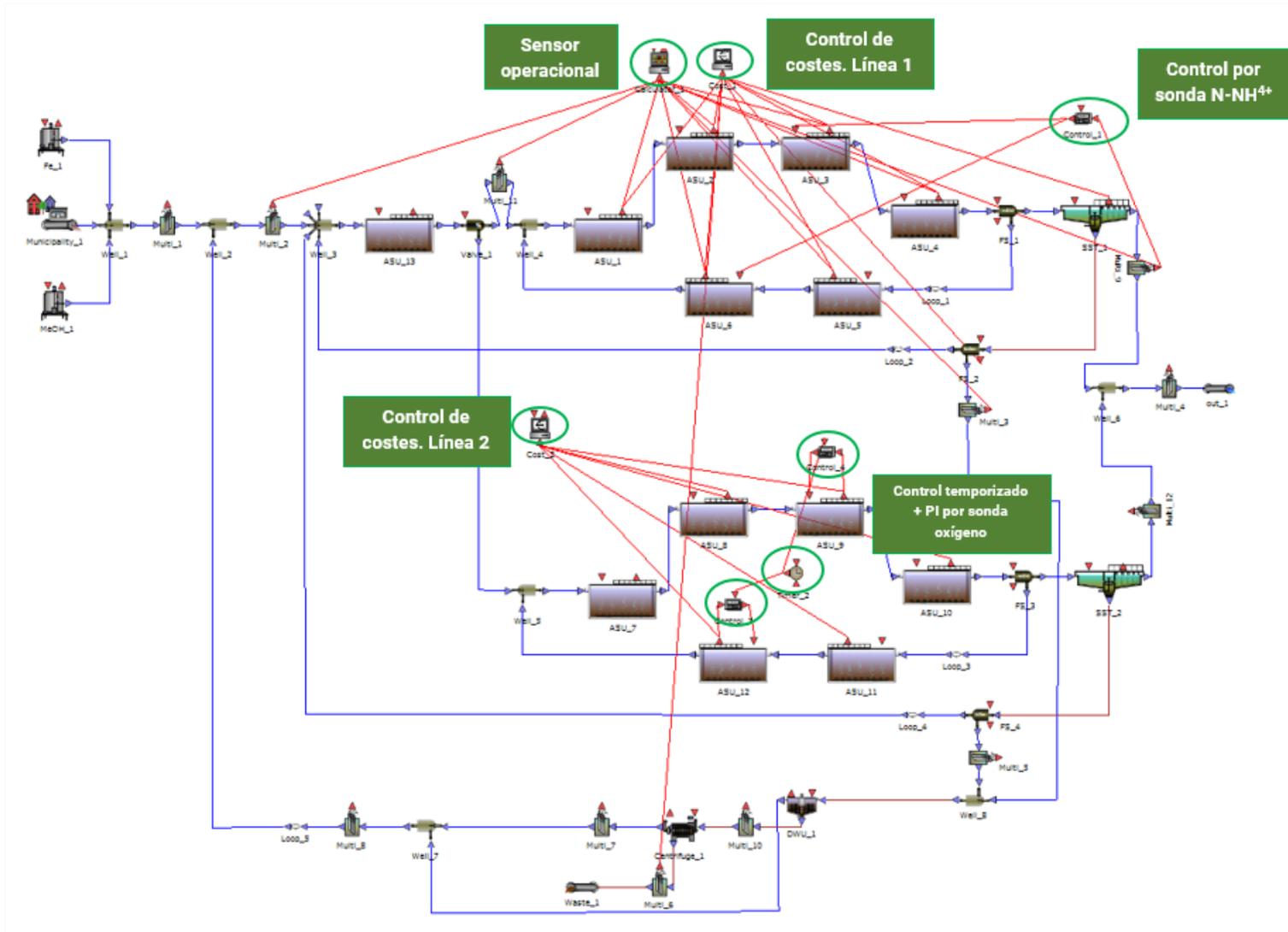


Iniciación mediante software libre de simulación LynxASM

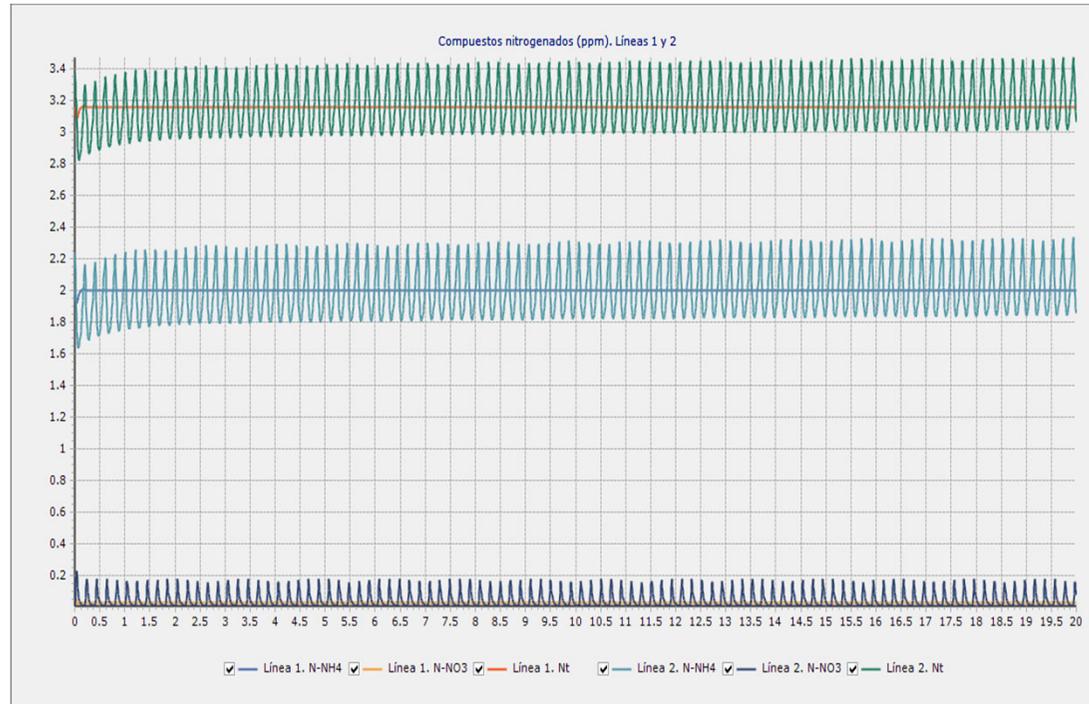
A continuación, se exponen los resultados del estudio de análisis del proceso realizado, el cual se ha basado en aplicar una serie de estrategias de explotación encaminadas a conocer las ventajas en la operación de la planta mediante la regulación de la aireación por sonda de amonio en la salida del efluente, en lugar de su control mediante sonda de oxígeno.

Para ello, se ha considerado de utilidad simular cada una de las dos líneas de la planta con las siguientes condiciones:

- Cada una de ellas opera exactamente con la misma carga influente (50% del total de la entrada cada una).
- En ambas líneas se opera bajo el condicionante de que la concentración de amonio en el efluente sea de 2,0 ppm.
- En una de las líneas se opera con control de aireación por sonda de amonio, mientras que en la otra se opera por control de sonda de oxígeno (4 horas de marcha a 2 ppm de consigna de OD y 50 minutos de paro de la aireación), comparando ambas estrategias operacionales, en base a un criterio de consumo energético (1 kWh por cada 1.800 gramos de oxígeno demandados por el proceso como OUR – Oxygen Uptake Rate) y coste de dicha energía (0,12 €/kWh) comunes. De esta forma se pueden obtener comparativas sobre las consecuencias de cada estrategia de operación, tanto a nivel de calidad del efluente, como sobre los costes energéticos implicados.



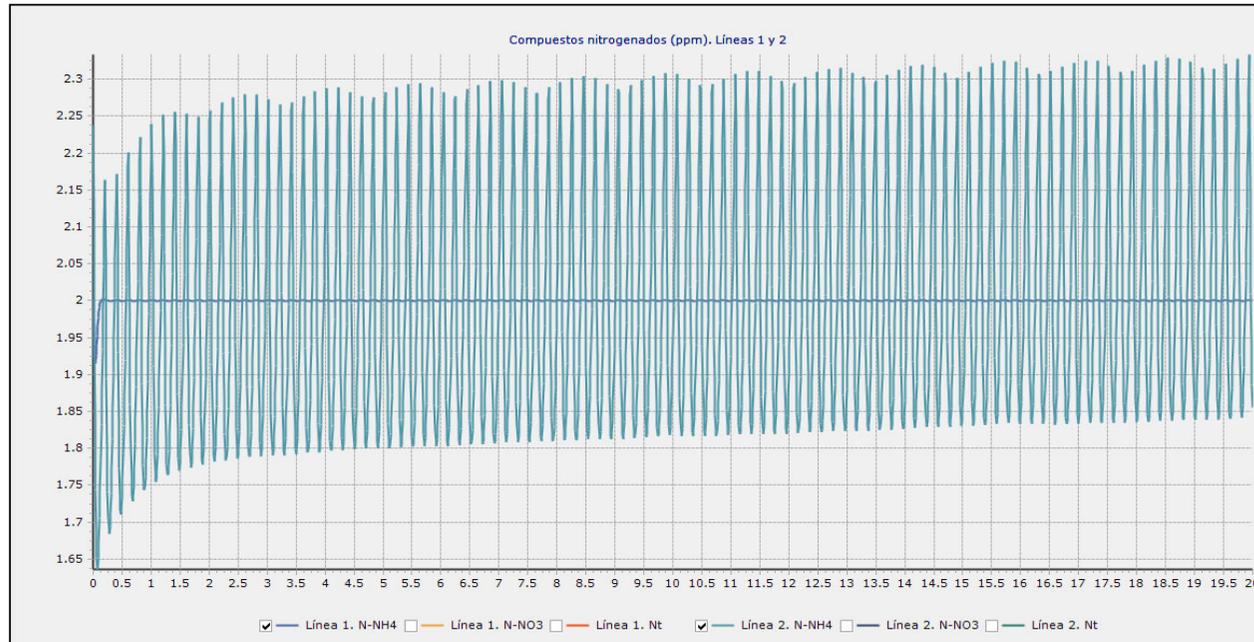
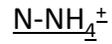
En primer lugar, se muestran los resultados de la calidad del efluente obtenidos, en donde se compara la calidad del efluente de la línea 1 (control de la aireación por sonda de amonio) y de la línea 2 (control de la aireación por temporizador sobre control Proporcional-Integral).



Sobre la figura anterior se observa que existe una superposición entre los mismos parámetros contaminantes de cada una de las dos líneas, y en el caso del amonio, en torno al valor condicionado de 2 ppm.

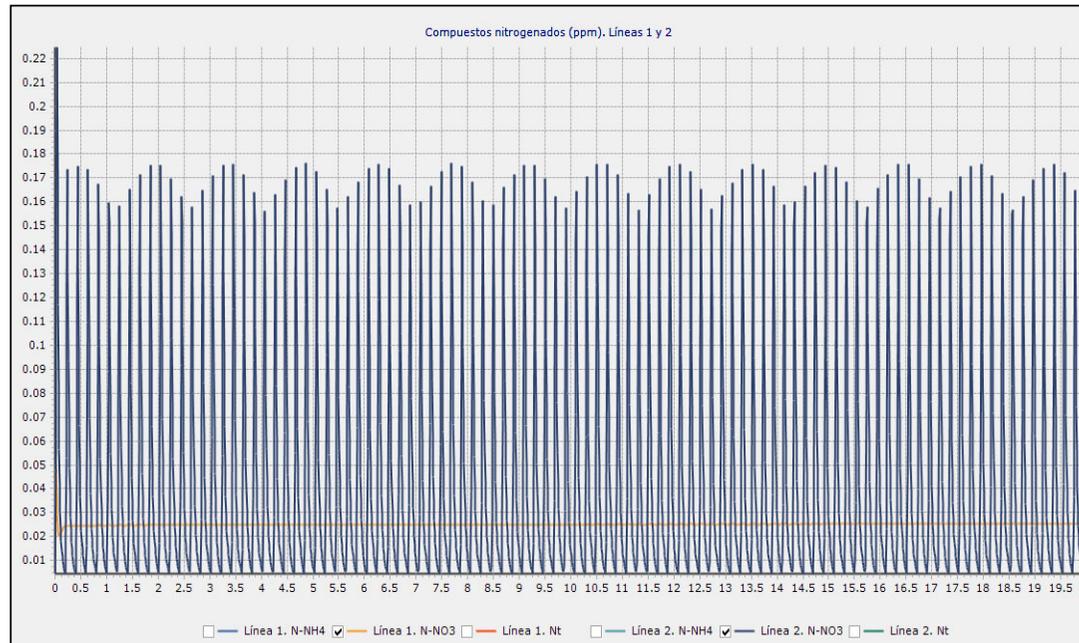
Igualmente se puede observar que el control mediante sonda de amonio muestra una mayor estabilidad en la calidad del efluente en la línea 1, mientras que al aplicar una estrategia operacional por ciclos en la línea 2, se producen mayores oscilaciones, por encima y por debajo, de los valores casi constantes que arroja el control por sonda de amonio

Si se realiza una ampliación sobre cada uno de los tres compuestos contaminantes anteriores, se observan las siguientes figuras:



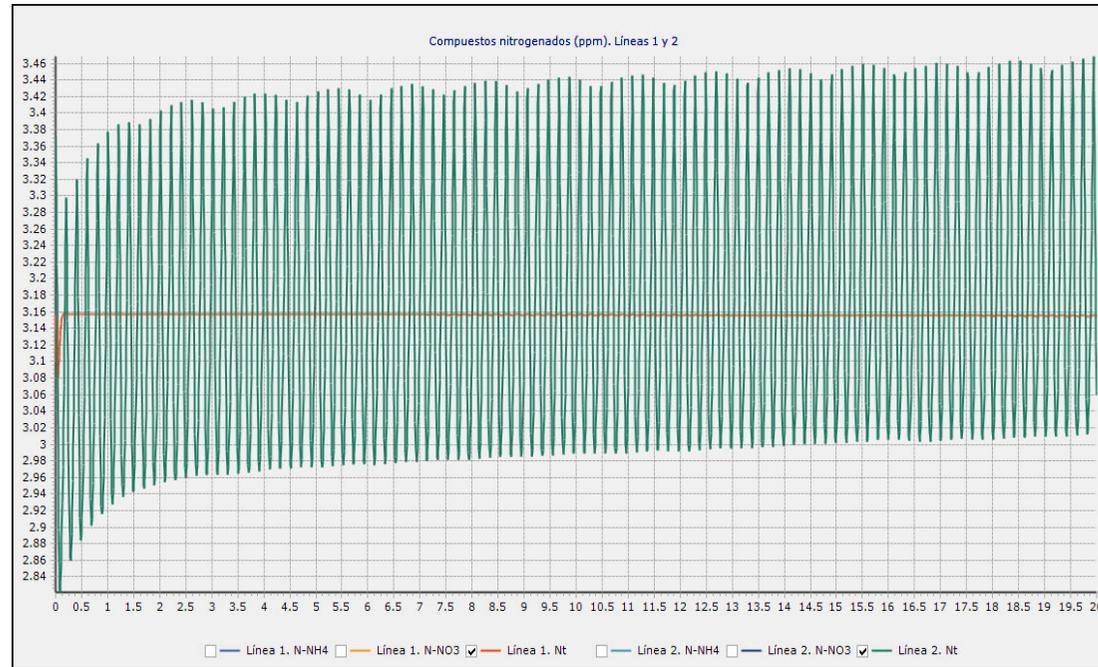
Se quiere indicar sobre la figura anterior, que el valor del amonio promedio en la línea 2, con todas sus oscilaciones analizadas cada 0,02 días como fracción de tiempo, es de exactamente 2,0 ppm, por lo que este hecho permitirá comparar, en igualdad de condiciones para ambas estrategias de aireación, los costes energéticos asociados.

N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>



Sobre la figura anterior, se observa una oscilación de los nitratos en el caso del control de la aireación mediante sonda de oxígeno.

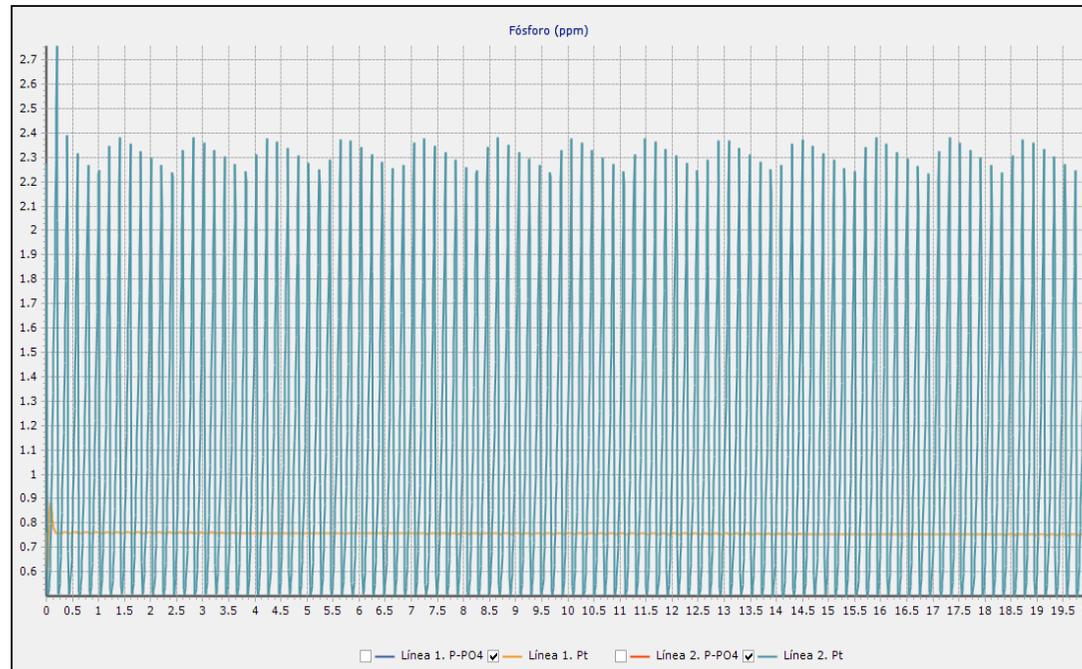
Ntotal



Con un comportamiento análogo al indicado para el amonio, se observa el que presenta el compuesto de nitrógeno total, con oscilaciones sobre el valor de 3,16 ppm.

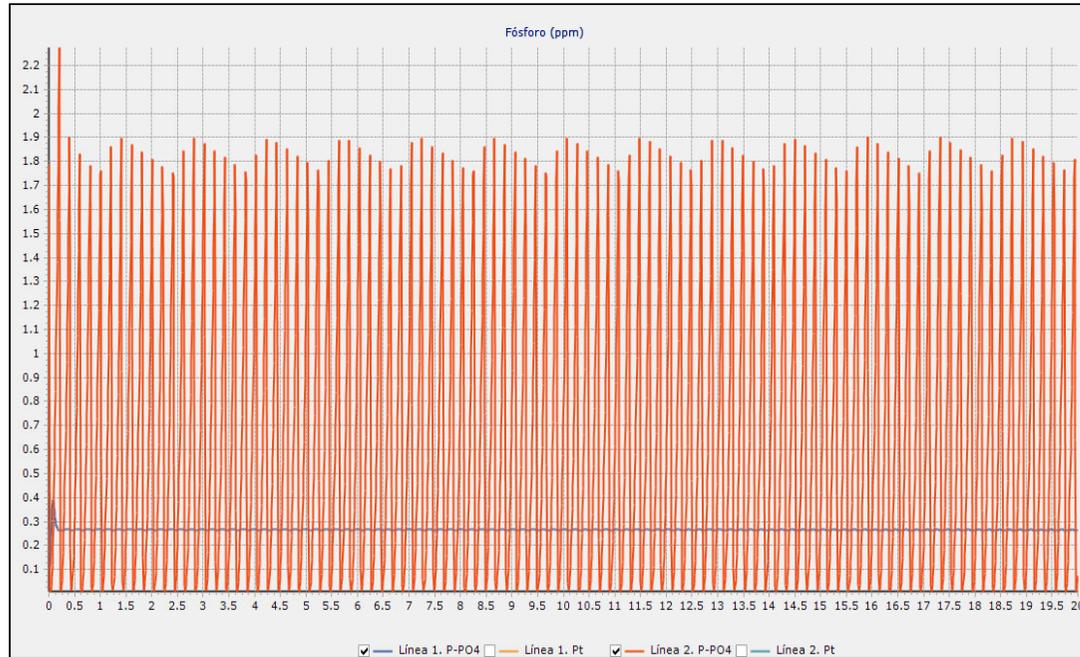
En cuanto a los componentes contaminantes referidos al fósforo, se va a mostrar a continuación como el condicionante de operación aplicado en la línea 1, consistente en operar la aireación mediante sonda de amonio, conlleva una minimización de la oscilación del aporte de oxígeno al reactor, y en consecuencia, efectos en el proceso de eliminación biológica de fósforo. A priori, es esperable que aumentos y disminuciones de la concentración del oxígeno disuelto en la línea 2, operada por temporizaciones, pueda conllevar picos de oxígeno en el reactor, y por tanto una mayor dificultad para que las bacterias PAO, responsables de la eliminación biológica de fósforo, alcancen su mayor rendimiento.

Ptotal



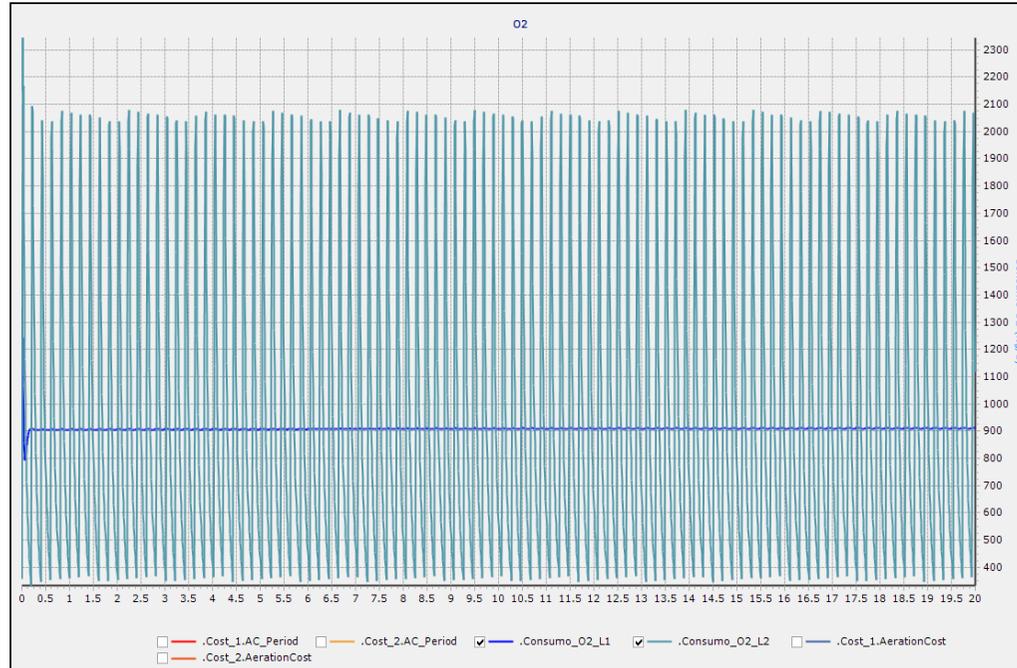
En la figura anterior, se observa que en el caso de la línea 1, con control por sonda de amonio, el valor del fósforo total es de unos 0,8 ppm, inferior a los 1,14 ppm resultante como valor promedio. Queda por tanto patente en el caso del fósforo total, que la estrategia de operación de la aireación por sonda de amonio, beneficia la eliminación biológica de fósforo al poder minimizar la cantidad de oxígeno transferido al medio.

P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>



En cuanto al fosfato, se comprueba que ocurre el mismo efecto ya descrito en el caso del fósforo total, con un valor de 0,3 ppm en el caso de aplicar la estrategia de control de la aireación por sonda de amonio, frente a los 0,65 ppm obtenidos en el caso de control de la aireación por temporización y sonda de oxígeno.

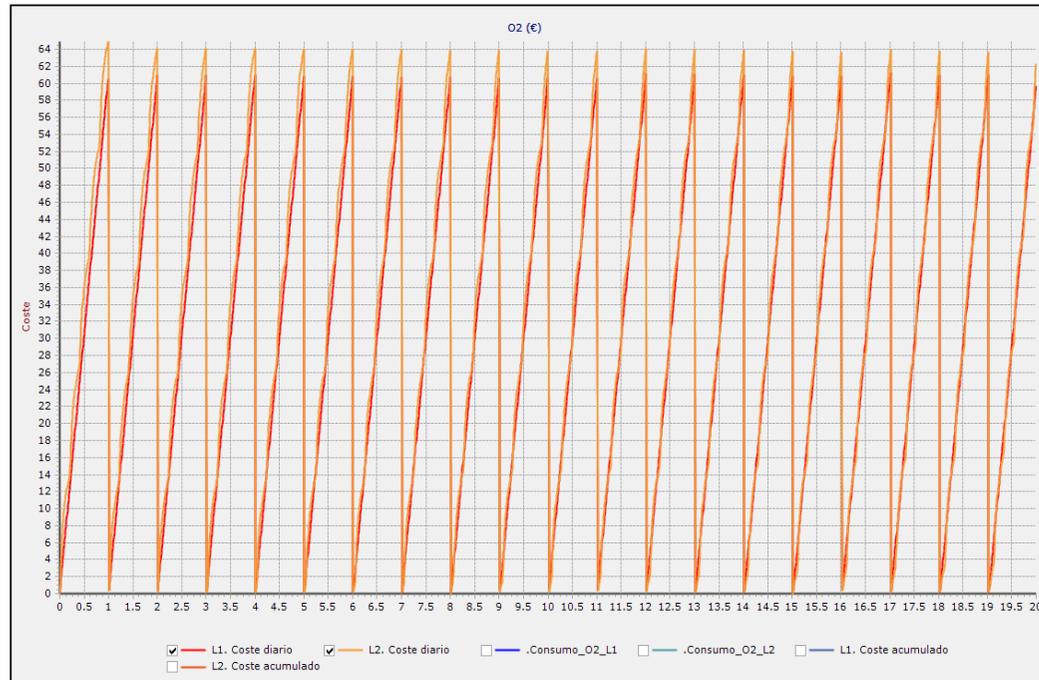
## Consumo de O<sub>2</sub>



En la figura anterior, se observa que mientras en la línea 1, con control de la aireación por sonda de amonio, se obtiene un consumo de oxígeno como OUR de 908 kgO<sub>2</sub>/d, en el caso de control de la aireación por temporización y sonda de oxígeno en la línea 2, se obtiene un valor promedio de 946 kgO<sub>2</sub>/d, es decir, una disminución del 4,02% del consumo de oxígeno.

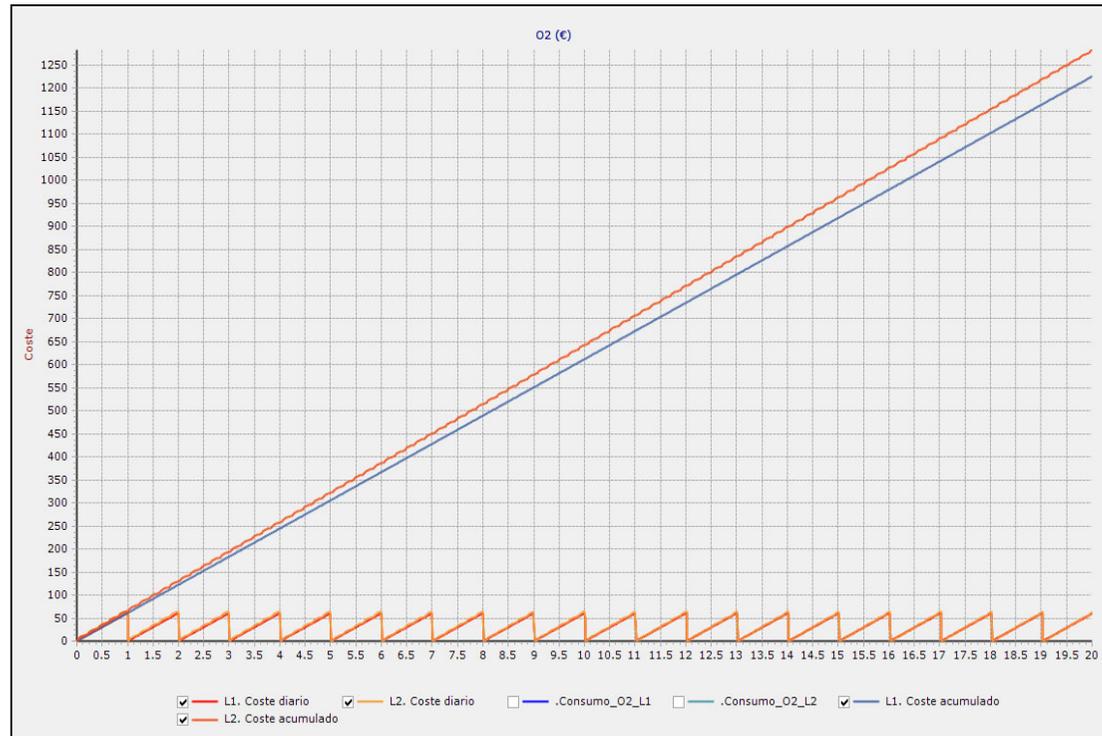
A continuación, se exponen las gráficas relativas a los costes económicos diarios esperados para cada una de las estrategias de control de la aireación, en base al supuesto de un criterio de consumo energético de 1 kWh por cada 1.800 gramos de oxígeno demandados por el proceso como OUR – Oxygen Uptake Rate, y con un coste de dicha energía de 0,12 €/kWh comunes.

La siguiente gráfica representa por tanto el coste acumulado diario, es decir, para ciclos de un día de duración:



Tal y como era previsible, la estrategia de operación mediante sonda de amonio (en color rojo), posee un coste diario (59,7 €/d) ligeramente inferior al del control mediante sonda de oxígeno disuelto y temporización (en color naranja y estimado en 62,3 €/d), concretamente de un 4,17%.

Si a la representación anterior de las dos variables de coste diario, se añade la representación del coste acumulado por cada estrategia de operación en el periodo simulado de 20 días, se obtiene la siguiente gráfica:



Tal y como era previsible, la estrategia de operación mediante sonda de amonio (en color rojo), posee un coste diario (59,7 €/d) ligeramente inferior al del control mediante sonda de oxígeno disuelto y temporización (en color naranja y estimado en 62,3 €/d), concretamente de un 4,17%.

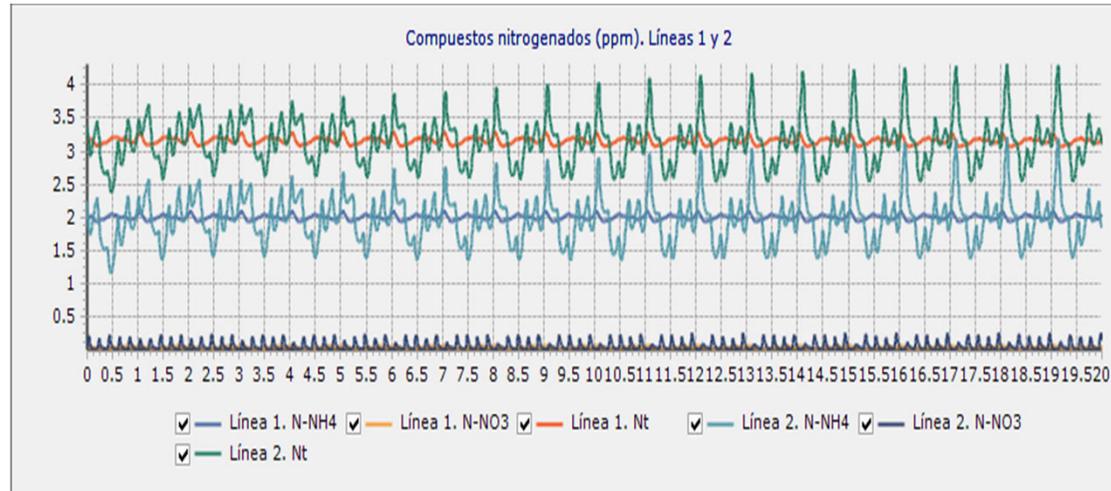
Si el mismo tipo de estudio se plantea trabajando con un influente dinámico en lugar de estacionario, es decir, con oscilaciones respecto al caudal y concentraciones contaminantes, se ha comprobado que las mejoras que aporta el control de la aireación con la sonda de amonio respecto a la de oxígeno con temporización, es aún superior.

La variabilidad del caudal y concentraciones dentro de un mismo día utilizada, es la siguiente:

Caudal (m3/d)	3.803	
	% Influyente	Caudal (m3/h)
00:00 - 01:00 h	5,24%	199,11
01:00 - 02:00 h	4,80%	182,51
02:00 - 03:00 h	4,24%	161,30
03:00 - 04:00 h	3,20%	121,80
04:00 - 05:00 h	2,50%	95,21
05:00 - 06:00 h	2,15%	81,59
06:00 - 07:00 h	1,72%	65,28
07:00 - 08:00 h	1,61%	61,13
08:00 - 09:00 h	1,62%	61,42
09:00 - 10:00 h	2,21%	83,95
10:00 - 11:00 h	3,47%	132,07
11:00 - 12:00 h	4,19%	159,43
12:00 - 13:00 h	4,86%	184,75
13:00 - 14:00 h	5,83%	221,75
14:00 - 15:00 h	5,69%	216,24
15:00 - 16:00 h	5,34%	203,21
16:00 - 17:00 h	5,32%	202,26
17:00 - 18:00 h	5,93%	225,46
18:00 - 19:00 h	5,32%	202,28
19:00 - 20:00 h	4,90%	186,43
20:00 - 21:00 h	4,82%	183,39
21:00 - 22:00 h	4,84%	183,88
22:00 - 23:00 h	5,06%	192,33
23:00 - 24:00 h	5,16%	196,23

Hora	DQOt (mgO <sub>2</sub> /l)	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	Factor DQO	Factor N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
9:00	1025	75,5	2,23	1,70
10:00	1097	72	2,39	1,63
11:00	989	63	2,15	1,42
12:00	397	54,5	0,86	1,23
13:00	439	49	0,96	1,11
14:00	461	46,5	1,00	1,05
15:00	422	40	0,92	0,90
16:00	485	37	1,06	0,84
17:00	475	36,5	1,03	0,82
18:00	567	46	1,23	1,04
19:00	371	42,5	0,81	0,96
20:00	353	43	0,77	0,97
21:00	353	39,5	0,77	0,89
22:00	353	41,5	0,77	0,94
23:00	413	41,5	0,90	0,94
0:00	460	41	1,00	0,93
1:00	425	45	0,92	1,02
2:00	349	43	0,76	0,97
3:00	300	38	0,65	0,86
4:00	250	32,5	0,54	0,73
5:00	224	27,5	0,49	0,62
6:00	228	26	0,50	0,59
7:00	218	29,5	0,47	0,67
8:00	375	52,5	0,82	1,19

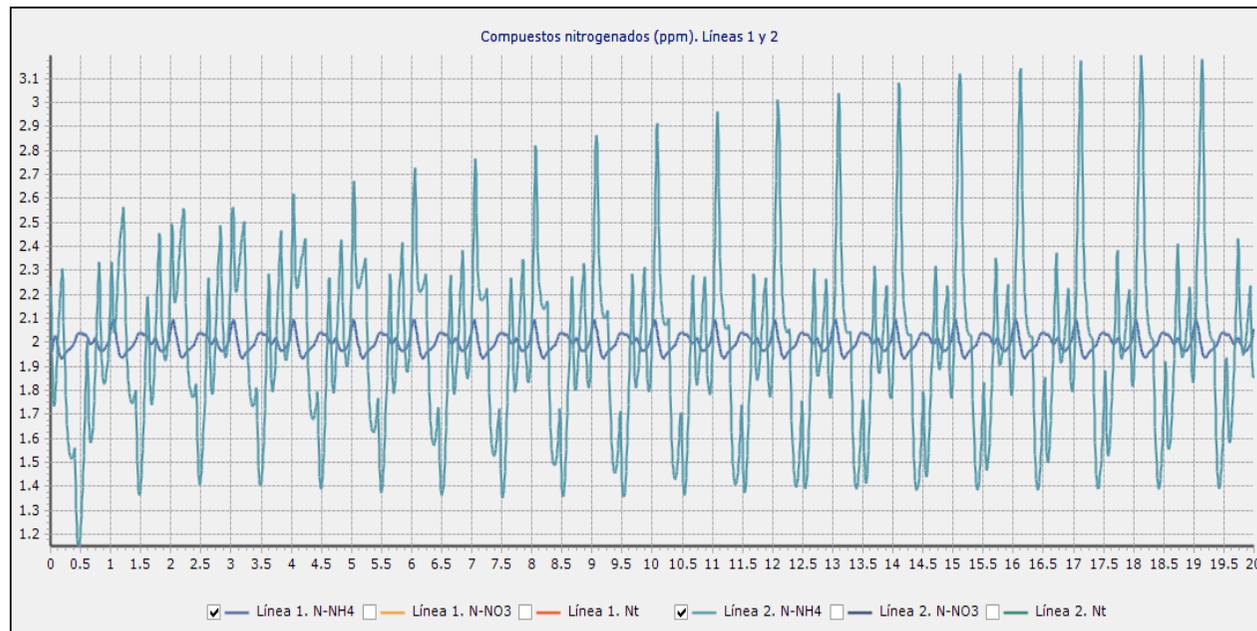
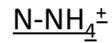
A continuación, se muestran los resultados de la calidad del efluente obtenidos, en donde se compara la calidad del efluente de la línea 1 (control de la aireación por sonda de amonio) y de la línea 2 (control de la aireación por temporizador sobre control Proporcional-Integral).



Sobre la figura anterior se observa que existe, tal y como era esperable, una superposición entre los mismos parámetros contaminantes de cada una de las dos líneas, y en el caso del amonio, en torno al valor condicionado de 2 ppm.

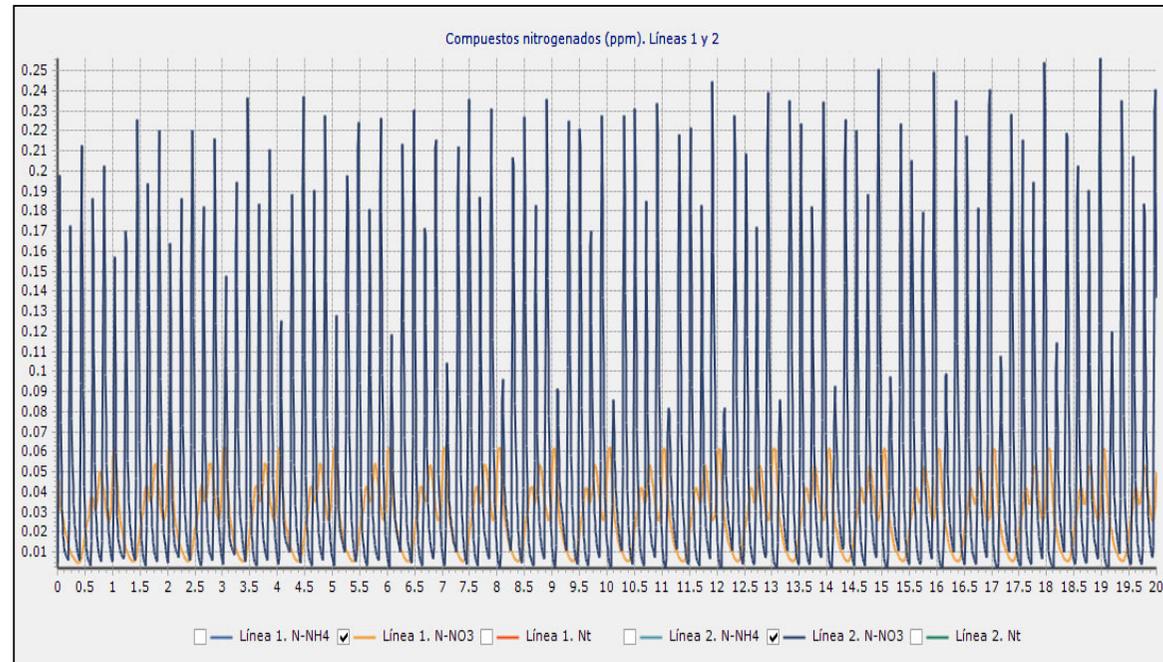
Igualmente se puede observar que el control mediante sonda de amonio muestra una mayor estabilidad en la calidad del efluente en la línea 1, mientras que al aplicar una estrategia operacional por ciclos en la línea 2, se producen mayores oscilaciones, por encima y por debajo, de los valores casi constantes que arroja el control por sonda de amonio. Las oscilaciones registradas en el caso de utilización de un influente dinámico, son superiores con ambos tipos de control por sondas respecto al caso de influente estacionario, pero con mayor impacto en el caso de la estrategia de sonda por oxígeno y temporización.

Si se realiza una ampliación sobre cada uno de los tres compuestos contaminantes anteriores, se observan las siguientes figuras:



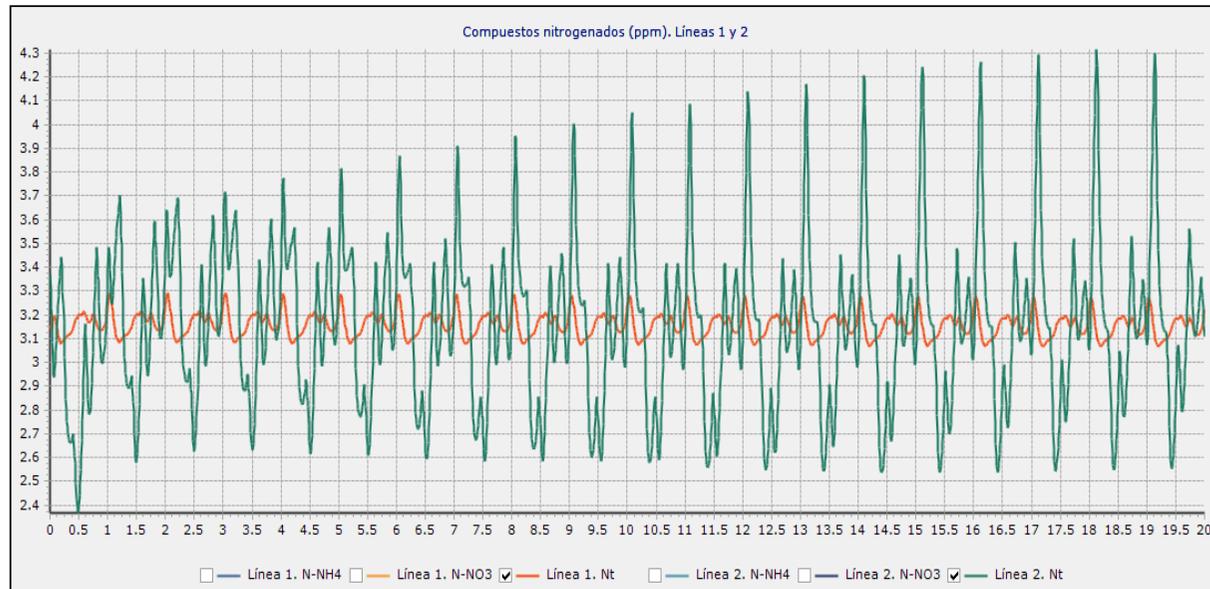
Se quiere indicar sobre la figura anterior, que el valor del amonio promedio en la línea 2, con todas sus oscilaciones analizadas cada 0.02 días como fracción de tiempo, es de exactamente 2,0 ppm, por lo que este hecho permitirá comparar, en igualdad de condiciones para ambas estrategias de aireación, los costes energéticos asociados.

N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>



Sobre la figura anterior, se observa una oscilación de los nitratos en el caso del control de la aireación mediante sonda de oxígeno.

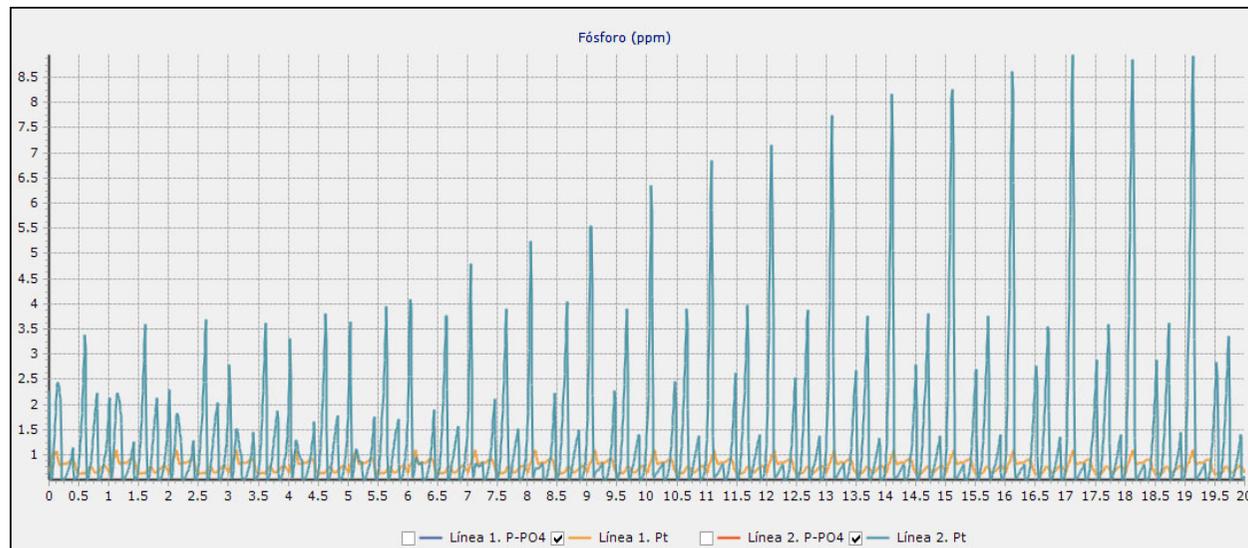
Ntotal



Con un comportamiento análogo al indicado para el amonio, se observa el que presenta el compuesto de nitrógeno total, con oscilaciones sobre el valor de 3,14 ppm.

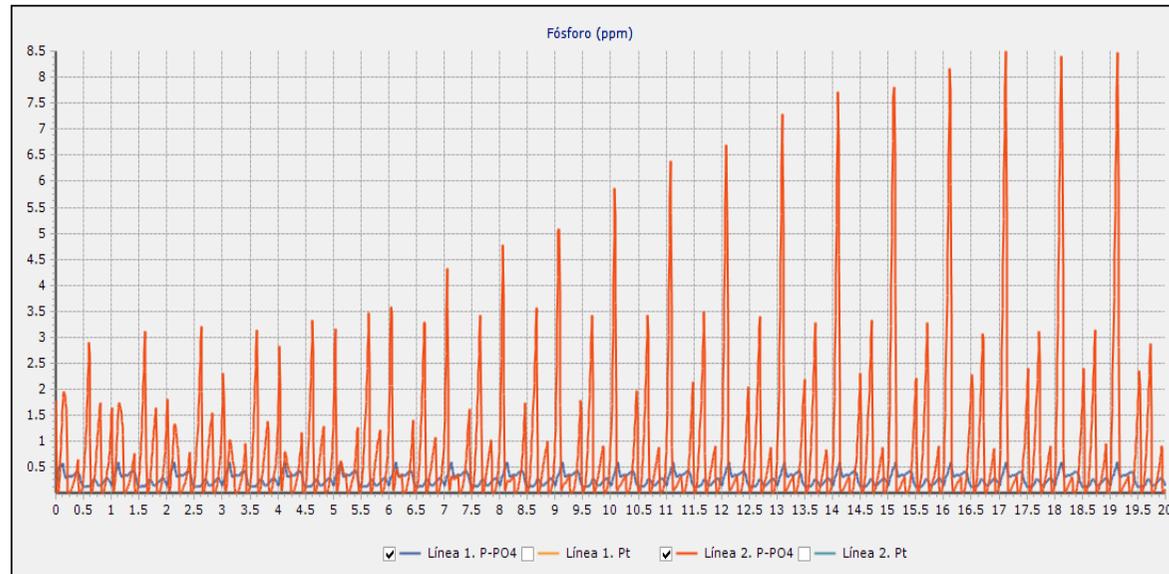
En cuanto a los componentes contaminantes referidos al fósforo, se va a mostrar a continuación como el condicionante de operación aplicado en la línea 1, consistente en operar la aireación mediante sonda de amonio, conlleva una minimización de la oscilación del aporte de oxígeno al reactor, y en consecuencia, efectos en el proceso de eliminación biológica de fósforo. A priori, es esperable que aumentos y disminuciones de la concentración del oxígeno disuelto en la línea 2, operada por temporizaciones, pueda conllevar picos de oxígeno en el reactor, y por tanto una mayor dificultad para que las bacterias PAO, responsables de la eliminación biológica de fósforo, alcancen su mayor rendimiento.

### Ptotal



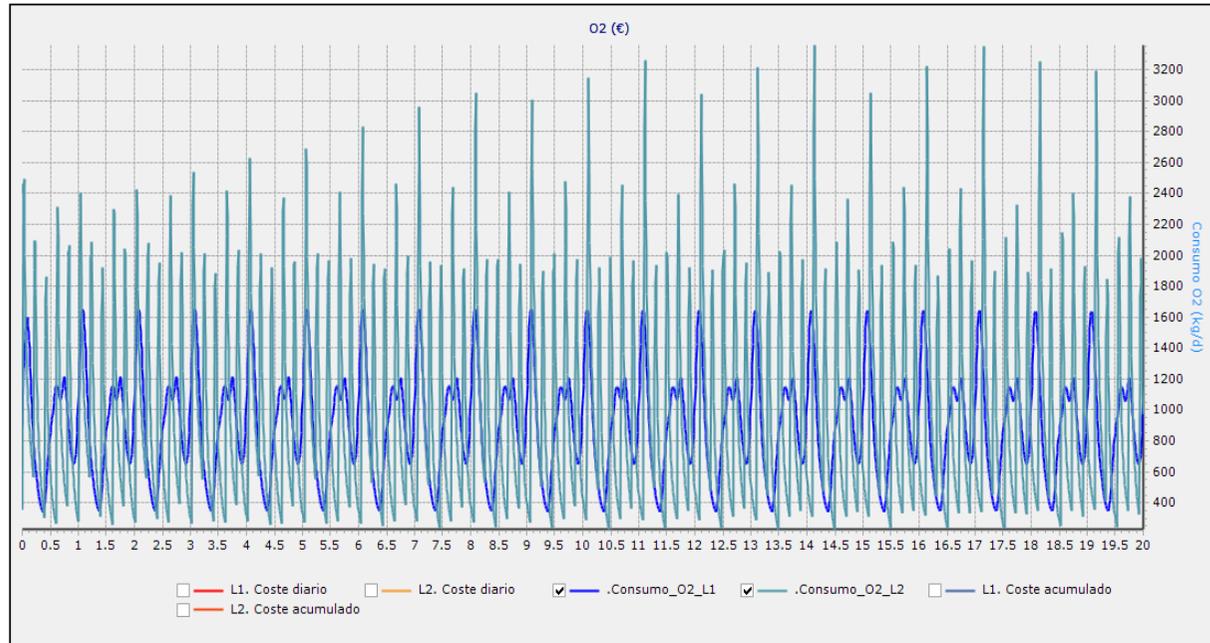
En la figura anterior, se observa que en el caso de la línea 1, con control por sonda de amonio, el valor del fósforo total es de unos 0,77 ppm, inferior a los 1,35 ppm resultante como valor promedio. Queda por tanto patente en el caso del fósforo total, que la estrategia de operación de la aireación por sonda de amonio, beneficia la eliminación biológica de fósforo al poder minimizar la cantidad de oxígeno transferido al medio.

$P-PO_4^{3-}$



En cuanto al fosfato, se comprueba que ocurre el mismo efecto ya descrito en el caso del fósforo total, con un valor de 0,28 ppm en el caso de aplicar la estrategia de control de la aireación por sonda de amonio, frente a los 0,86 ppm obtenidos en el caso de control de la aireación por temporización y sonda de oxígeno.

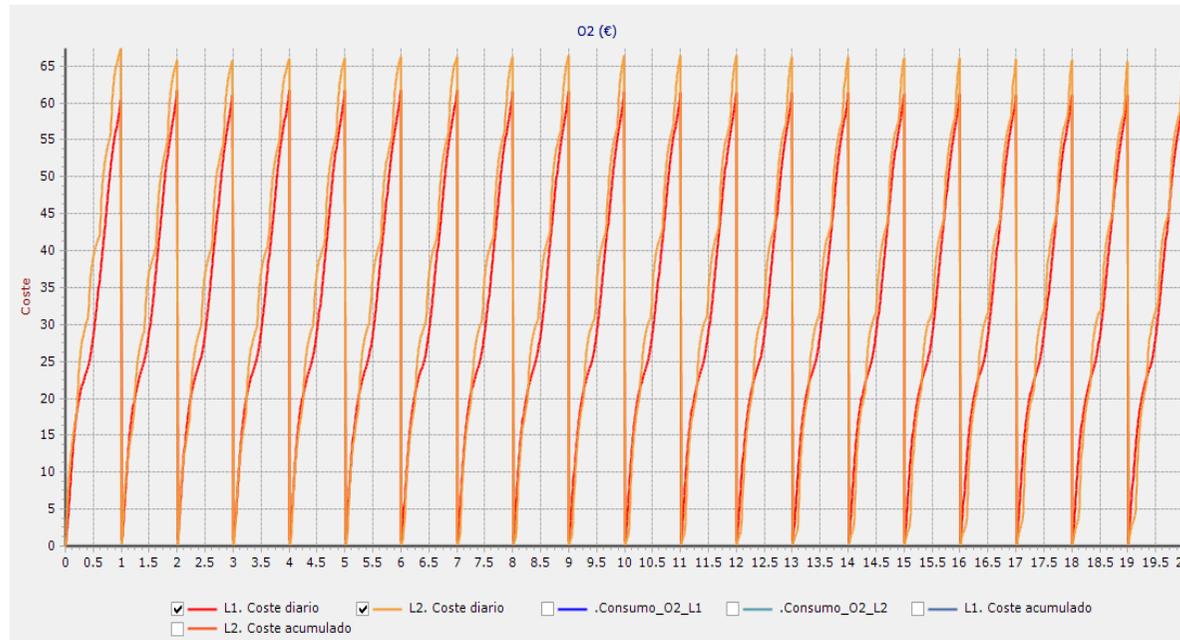
Consumo de O<sub>2</sub>



En la figura anterior, se observa que mientras en la línea 1, con control de la aireación por sonda de amonio, se obtiene un consumo de oxígeno como OUR de 909 kgO<sub>2</sub>/d, en el caso de control de la aireación por temporización y sonda de oxígeno en la línea 2, se obtiene un valor promedio de 959 kgO<sub>2</sub>/d, es decir, una disminución del 5,5% del consumo de oxígeno.

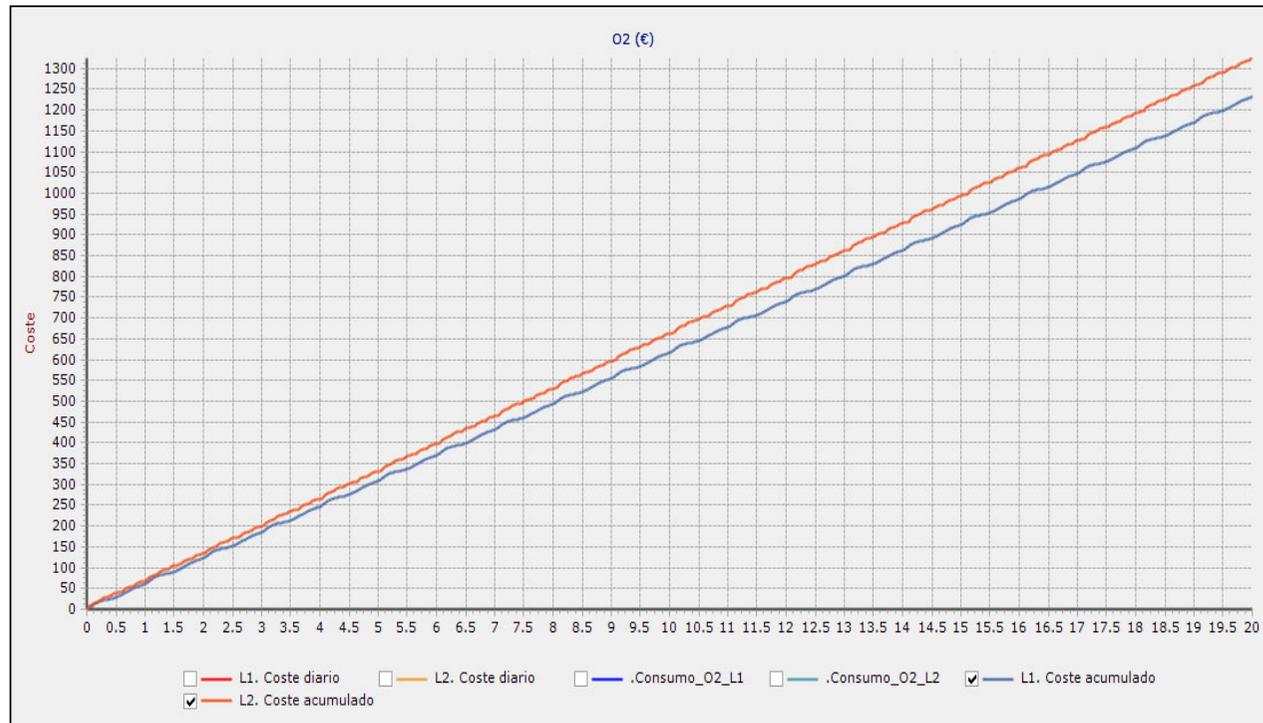
A continuación, se exponen las gráficas relativas a los costes económicos diarios esperados para cada una de las estrategias de control de la aireación, en base al supuesto de un criterio de consumo energético de 1 kWh por cada 1.800 gramos de oxígeno demandados por el proceso como OUR – Oxygen Uptake Rate, y con un coste de dicha energía de 0,12 €/kWh comunes.

La siguiente gráfica representa por tanto el coste acumulado diario, es decir, para ciclos de un día de duración:



Tal y como era previsible, la estrategia de operación mediante sonda de amonio (en color rojo), posee un coste diario (61,8 €/d) ligeramente inferior al del control mediante sonda de oxígeno disuelto y temporización (en color naranja y estimado en 67,2 €/d), concretamente de un 8,7%.

Si a la representación anterior de las dos variables de coste diario, se añade la representación del coste acumulado por cada estrategia de operación en el periodo simulado de 20 días, se obtiene la siguiente gráfica:



Sobre la figura anterior se observa como a medida que pasan los días de simulación, la diferencia entre las dos representaciones (estrategias) de costes acumulados por aireación se van separando, manteniendo algo más de un 7,5% de diferencia de coste.

- Una vez calibrado y validado el modelo, atendiendo a las cargas contaminantes esperables representativas de su anualidad, se ha generado un modelo en el que se ha dotado a la línea de tratamiento secundario número uno, con la implantación de un sistema de control de la aireación mediante sonda de amonio, mientras que la línea número dos, ha sido simulada con un sistema de temporización de la aireación con sonda de oxígeno.
- Se ha observado que el control mediante sonda de amonio conlleva una mayor estabilidad en la introducción de oxígeno al licor mezcla, mientras que el control por temporización y sonda de oxígeno implica unas oscilaciones que provocan un mayor aporte de oxígeno, concretamente en torno al 4% superior en caso de simular con un influente estacionario y de un 7% en el caso de un influente dinámico, para mantener en ambas estrategias el mismo valor objetivo de amonio en el efluente.
- La aplicación de la estrategia de control de la aireación por sonda de amonio se ha comprobado que conlleva una mejora adicional en la reducción del fósforo por vía biológica, precisamente por el mencionado optimizado aporte de oxígeno, que permite mejorar las condiciones de las zonas anaeróbicas en unos 0,5 ppm.

# Muchas gracias por su atención.

MasterClass  
patrocinada por:



WALEBUBLÉ

[www.walebuble.com](http://www.walebuble.com)

HÉCTOR REY GOSÁLBEZ: [reyhector@hotmail.com](mailto:reyhector@hotmail.com)

AGUASRESIDUALES INFO



## Ciclo de 20 MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO