



Ciclo de 20

MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO

AGUASRESIDUALES.INFO



# MasterClass 04

“Avances en la Eliminación de Nitrógeno  
y Fósforo en fangos activados  
y procesos biopelícula”

**Luis Larrea**

Antiguo Investigador de CEIT-IK4 y actual  
co-fundador de CIMICO Technologies.  
Dr. Ingeniero Industrial.



**10**  
Febrero

Ciclo de **20**  
**MasterClass**

AGUASRESIDUALES.INFO

# Objetivo

PRESENTAR LAS **VENTAJAS Y LIMITACIONES** DE LAS NUMEROSAS TECNOLOGIAS, de cara a la **óptima selección** para nuevas plantas, remodelaciones de existentes o su mejora del funcionamiento.

1. Fangos activos. Eliminación de nitrógeno
2. Fangos activos. Eliminación de nitrógeno y fósforo
3. Control de bulking filamentoso
4. MBR: Fango activo + membrana
5. Procesos biopelícula: puros e híbridos (IFAS)
  - BAF: biofiltros granulares
  - MBBR: lechos móviles
  - MBBR IFAS
  - MABR: biopelícula sobre membrana aireada
  - MABR IFAS
  - RBC: biodiscos
  - AGS: fangos granulares aireados
5. Deamonificación (nitrificación parcial+anammox)
  - SBR
  - MBBR
  - Granular
7. Control automático basado en sensores online
8. Simulación de modelos matemáticos para optimización del dimensionamiento
9. Conclusiones

## 0. ANTECEDENTES

### Motivos para los avances en tecnologías

- Cumplimiento de la normativa
- Reducción del espacio requerido
- Reducción del consumo de energía
- Robustez de funcionamiento

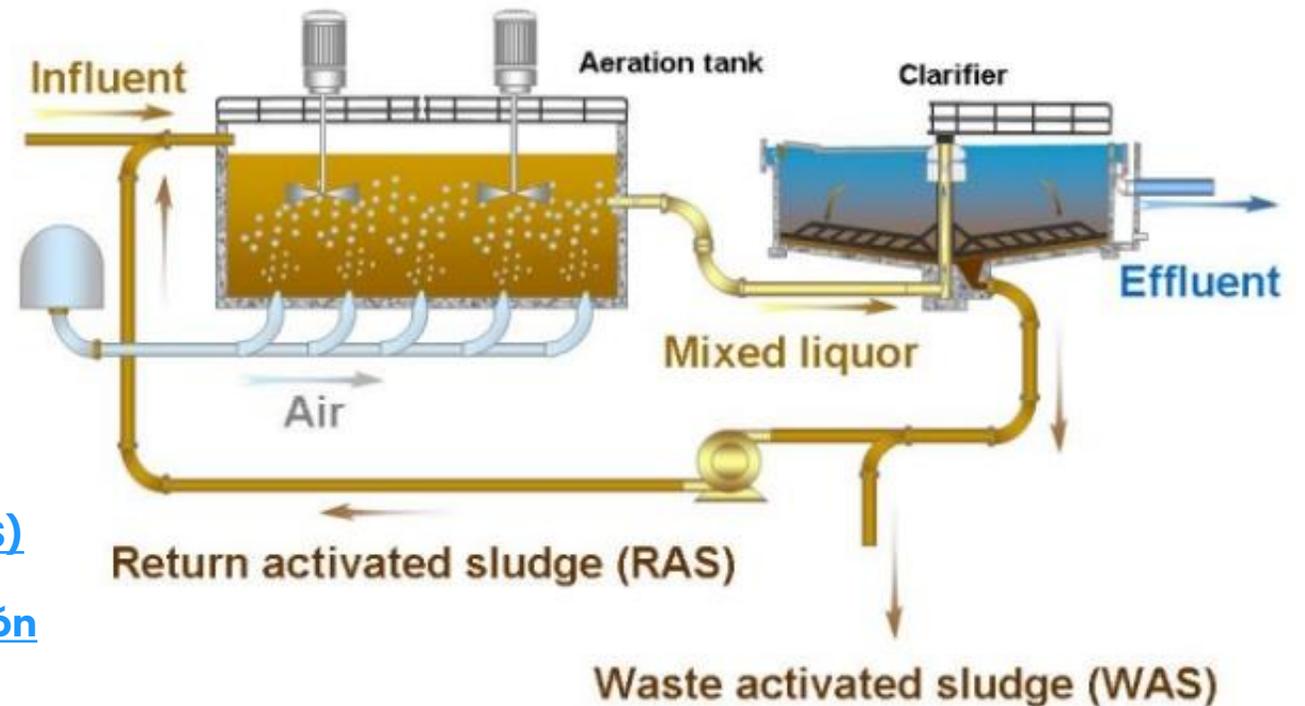
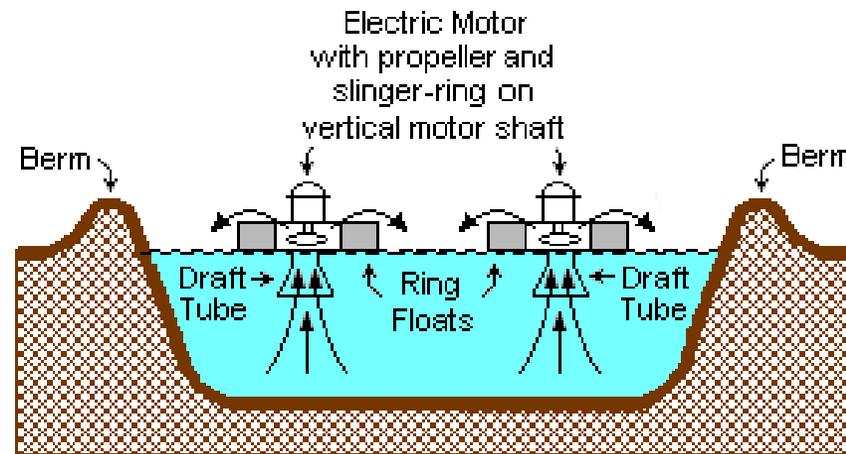
### 1914 :Desde Laguna aireada a fangos activos

#### Avances en configuraciones para elim. DBO:

- Mezcla completa
- Flujo pistón
- Contacto estabilización
- Canales de oxidación
- Alimentación escalonada
- Proceso secuencial(SBR )

#### Avance a nitrificación: Aumento de la edad del fango(TRS)

#### 1970 :Avance a desnitrificación. Fangos activos Eliminación de nitrógeno



## 1. FANGOS ACTIVOS. ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO

### Normativa en Europa.Directiva 271

> **100.000h-eq:** Nitrógeno total efluente(amonio+ nitrato+N orgánico)<10mg/L.

Si SST efluente20mg/l, ➡ N orgánico 3mg/L. ➡Amonio + nitrato<7mg/L

< **100.000h-eq:** Nt<15mg/l. ➡ Amonio + nitrato<12mg/L

### Influente: Agua bruta o decantada. Estabilización del fango

>**50.000h-eq:** Agua decantada(bajo SST y DBOp, DQO/NTK:5-9) y digestión anaerobia de fango primario y secundario.

- Carga Nitrógeno en retornos: 20-25%.
- Tiempo de retención hidráulico y de sólidos (TRH y TRS) **MÍNIMOS: 9-11h y 10-12d**

<**50.000h-eq:** Agua bruta (alto SST y DBOp, DQO/NTK:8-12) y Estabilización del fango en el propio biorreactor.

- Tiempo de retención hidráulico y de sólidos (TRH y TRS)**ALTOS:20-25h y 25-30d**

## 1. FANGOS ACTIVOS. ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO

### Nitrificación+ post-desnitrificación

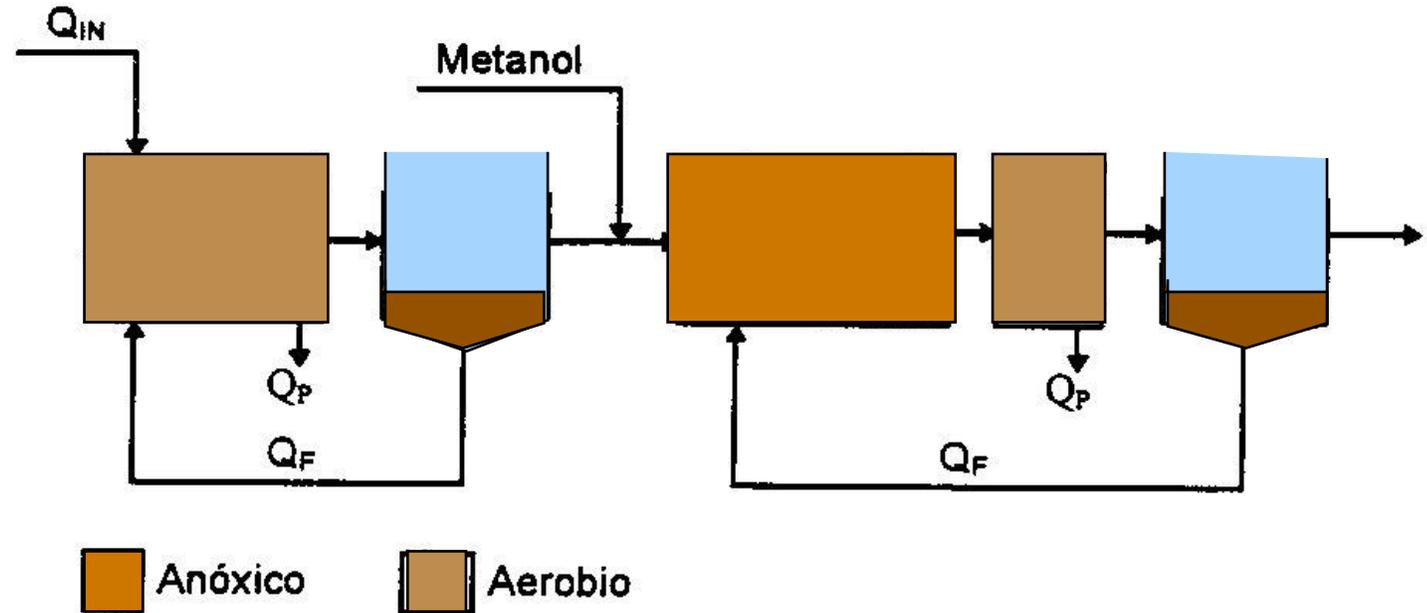
#### Ventajas

- Sencillez
- Amonio + nitrato muy bajo

---

#### Limitaciones

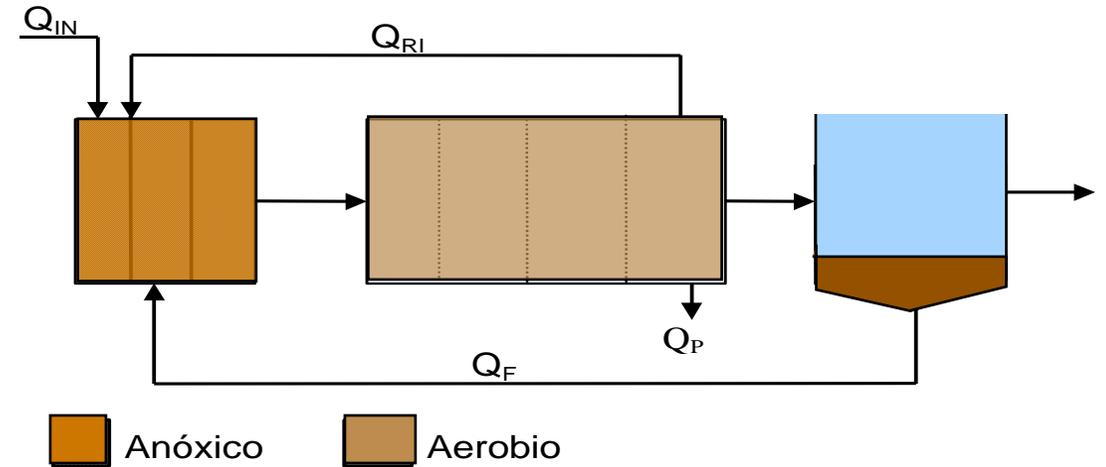
- Muy alto consumo de oxígeno
- Probable reducción excesiva del pH
- Fango ascendente
- Consumo de metanol



## 1. FANGOS ACTIVOS. ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO

### Pre-desnitrificación- nitrificación MLE-1973

- Fx: Fracción anóxica
- Zona anóxica: consume DBOs y 60-80%de DBOp. Norgánico a NH4
- Zona aerobia: NH4 a NO3 y resto de DBOp
- Reactores en varios pasos (flujo piston, zonas facultativas, )



## 1. FANGOS ACTIVOS. ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO

### Cumplimiento de Ntef (muy dependiente de la relación DQO/NTK del agua influente)

#### Para Nt<15mg/L,

##### **<50.000h-eq:**

- DQO/NTKagua bruta ALTA(>8-10)
- Fx: puede ser baja(15-25)
- QRI: puede ser baja (100-200%)
- TRH y TRS ALTOS: 20-25h y 25-30d

Robustez para cumplir Nt por Sobredimensionado.  
Se puede alcanzar Nt<10 con mayor Fx

##### **50.000-100.000h-eq:**

- DQO/NTKagua decantada: Media -BAJA(6-9)
- Fx: MEDIA(25-35%)
- QRI MEDIA:200-300%
- TRH y TRS MÍNIMOS: 9-10h y 10-12 d

Moderadamente fácil  
de cumplir

#### Para Nt<10mg/L,

- DQO/NTKagua decantada Media -BAJA(6-9)
- Fx: ALTA(35-45%). QRI ALTA:(300-400%)
- TRH y TRS MÍNIMOS: 10-12h y 12-14 d

Puede ser difícil de  
cumplir. Se puede  
mejorar incorporando  
óptimo control  
automático



#### **Si no es posible:**

- Adición de Metanol en PreD problemática
- Ver siguiente configuración o Deamonificación en retorno

## Pre-desnitrificación- nitrificación MLE-1973

### Ventajas

- Resuelve las limitaciones anteriores
- Tecnología muy sencilla
- Robustez para mantener el fango en sistema por óptimo control de RAS

### Limitaciones

- Con digestión anaerobia: Carga N en retornos:20-25%
- QRI consume parte de DBOs y reduce potencial de desnitrificación.
- Alto Espacio requerido. Baja tasa de nitrificación: Alto TRH aerobio:6-8h
- Consumo energético relativamente alto pero optimizable por control adecuado
- Probable Alto IVF por Bulking filamentoso

## 1. FANGOS ACTIVOS. ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO

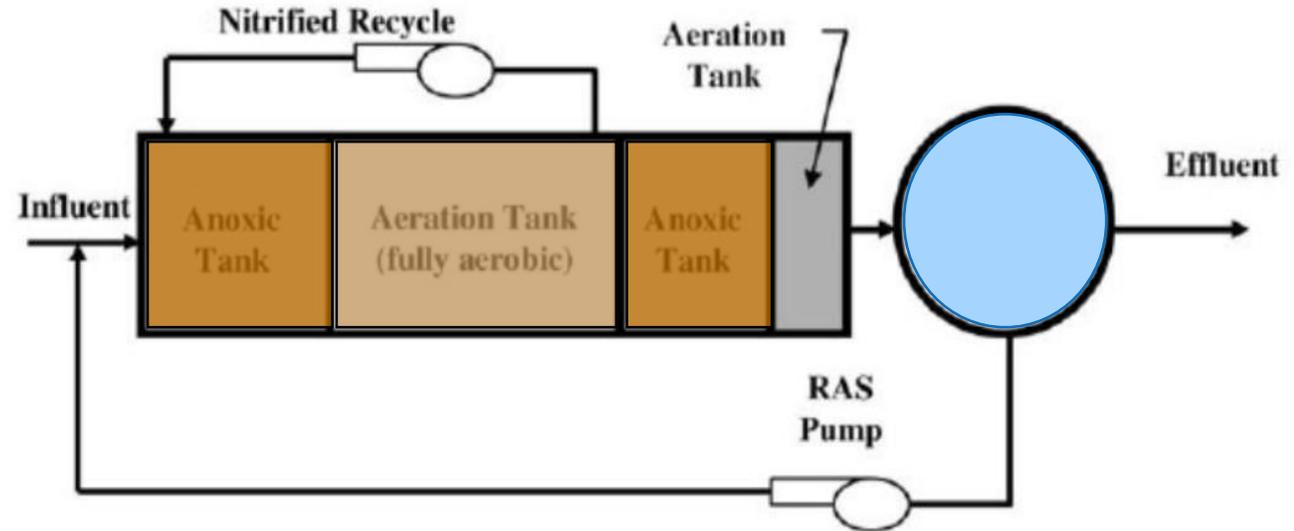
### Pre-desnitrificación- nitrificación-Post-desnitrificación

#### Ventajas

- Permite Nitratos efluentes muy bajos si se añade metanol y por tanto Nt

#### Limitaciones

- Tecnología algo más compleja que D-N (biorreactores adicionales)
- En su caso, consumo de metanol o similar
- Algo mayor espacio que D-N
- Probable Alto IVF por Bulking filamentoso

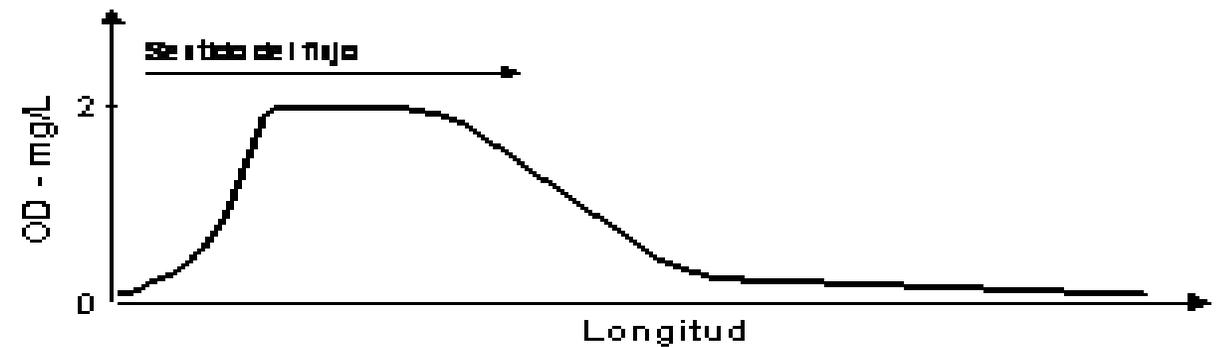
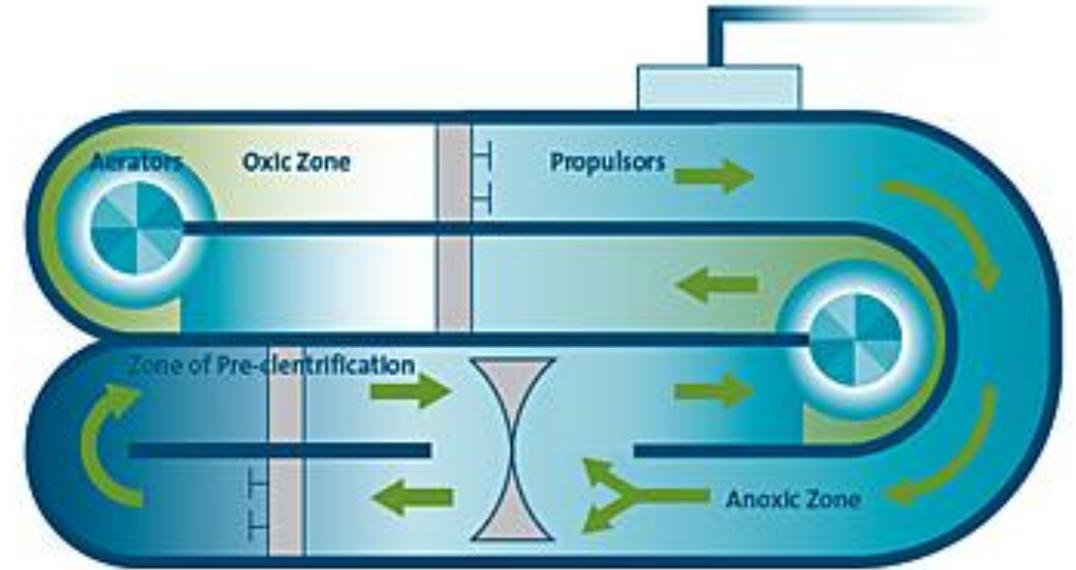
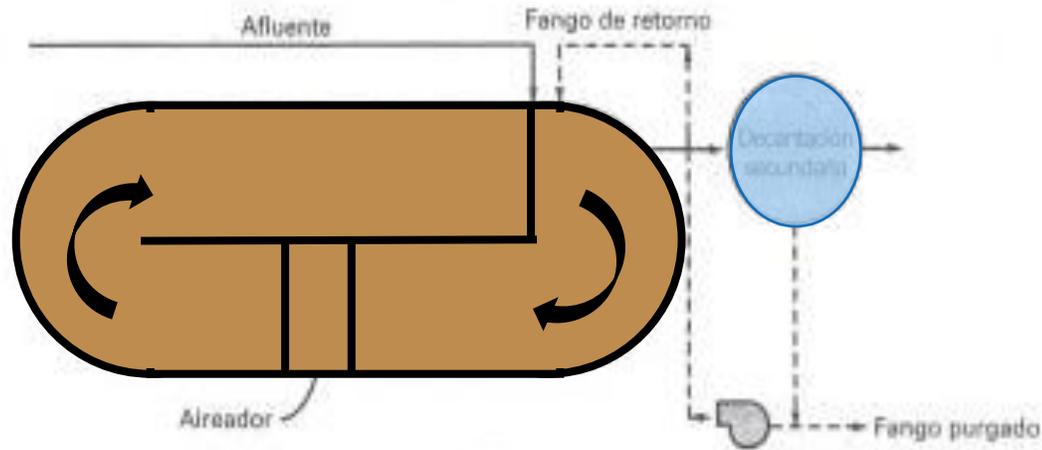


## 1. FANGOS ACTIVOS. ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO

### Canal de oxidación y Carrusel. Plantas medianas y pequeñas <50.000h-eq

-MUY ALTA QRI

-En carrusel : Nit-desnit simultánea



## Carrusel y Dique de oxidación. Plantas medianas y pequeñas <50.000

### Ventajas

- Tecnología muy sencilla
- En Carrusel se puede optimizar consumo de oxígeno y alcanzar alta desnitrificación y bajo  $N_t$  por control adecuado de la aireación (bajo OD o intermitencia) que promueve Nitrificación-desnitrificación simultánea

### Limitaciones

- Muy alto espacio requerido por alto TRS y TRH, pero muy válido para pequeñas y medianas poblaciones con espacio disponible
- En canales de oxidación sin suficiente longitud es difícil  $N_t < 15 \text{mg/L}$ .
- Probable Alto IVF por Bulking filamentoso

## 1. FANGOS ACTIVOS. ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO

### Tecnologías de fangos activos sin QRI.

Alternante: Menor transferencia de oxígeno

#### Ventajas

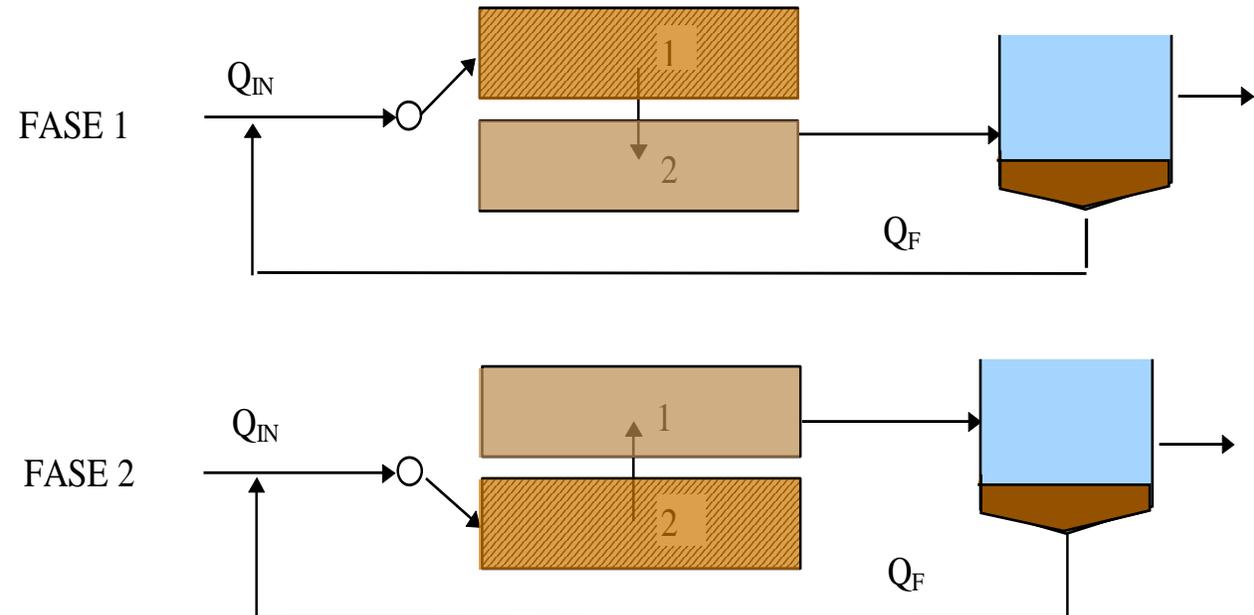
- Permite mayor eficiencia de la desnitrificación y, por tanto, nitratos algo más bajos

---

#### Limitaciones

- Tecnología algo más compleja que D-N por alternancias
- Probable Alto IVF por Bulking filamentoso
- Para robustez de funcionamiento se requiere control adecuado

Funcionamiento alternado de fases 1 y 2 en un tiempo de ciclo



## 1. FANGOS ACTIVOS. ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO

### Tecnologías de fangos activos sin RI.

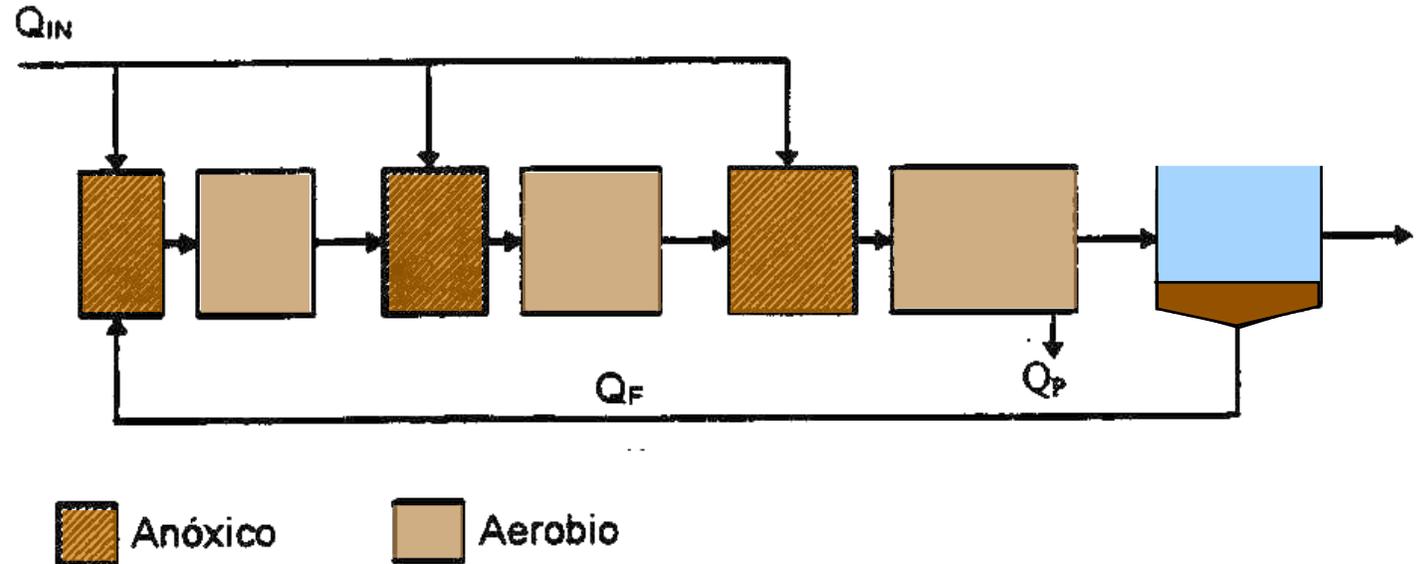
**Alimentación escalonada:** Gradiente de SSLM y menor transferencia de oxígeno

### Ventajas

- Permite mayor eficiencia de la desnitrificación y, por tanto, nitratos algo más bajos
- Algo menor volumen(20%) por mayor SSLM media

### Limitaciones

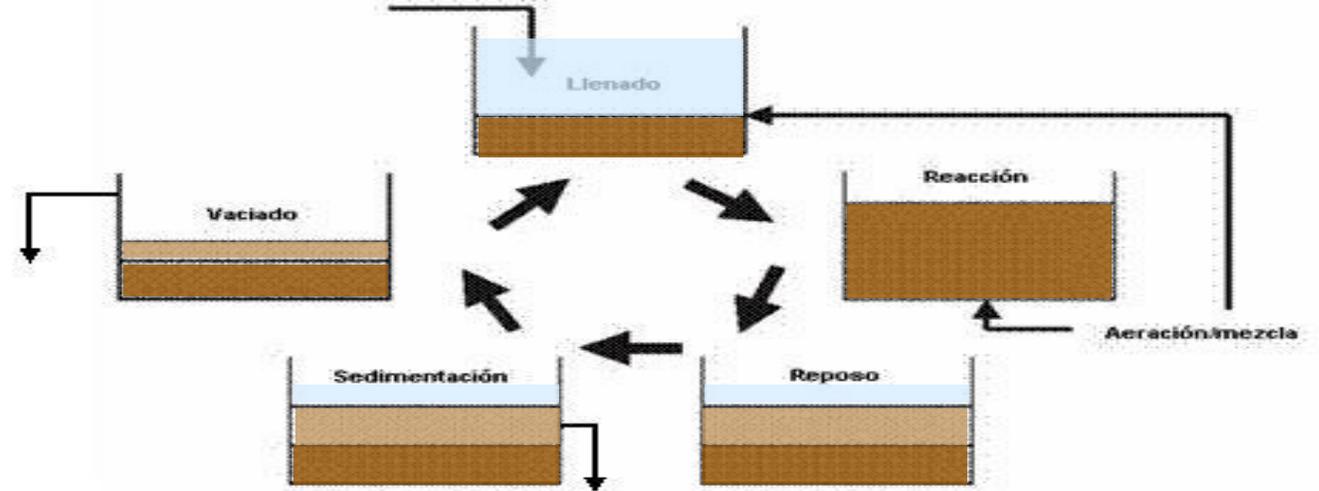
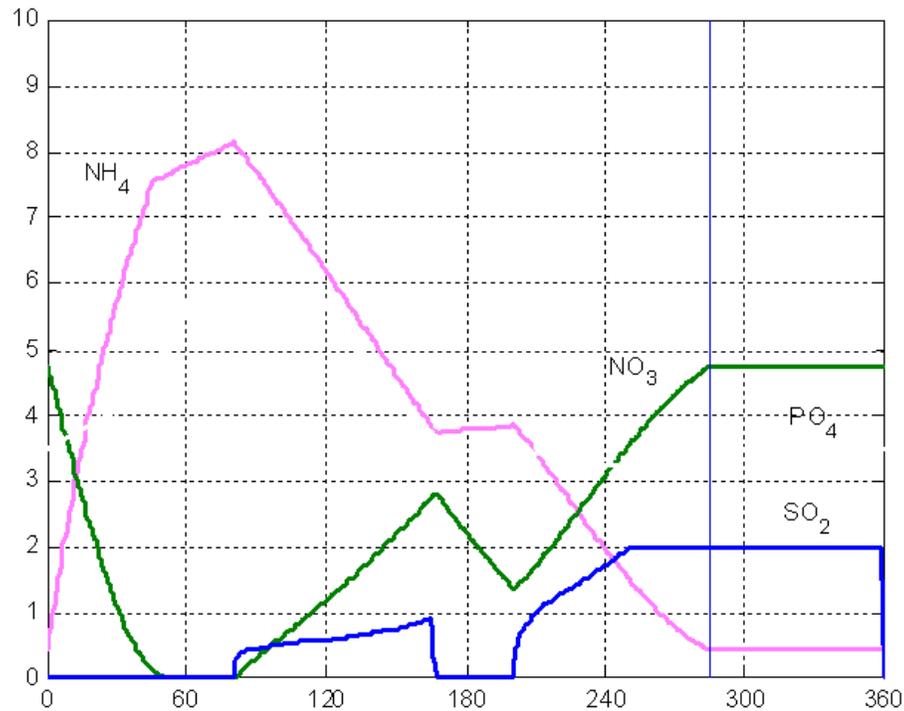
- Tecnología algo más compleja que D-N por escalonamiento del agua influente y mayores secuencias D-N
- Probable Alto IVF por Bulking filamentoso



# 1. FANGOS ACTIVOS. ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO

## Tecnologías de fangos activos sin RI.

### Tecnología SBR



## Ventajas

- Tecnología muy compacta
- A pesar de las limitaciones, cuando el espacio disponible es reducido, puede ser válido por emplear agua bruta y altos TRS y TRH
- Tecnología relativamente sencilla de instalación

## Limitaciones

- En general sobredimensionado: Alto TRH y TRS, con baja fracción de volumen de llenado para poder operar con alto IVF

### Si TRH no sobredimensionado:

- Relativa complejidad para optimizar Nitrificación y desnitrificación con variación de fases por control automático.
- Robustez de funcionamiento problemática (optimización de fases) en periodos de lluvias
- Posible consumo de DBO durante las fases de aireación , que reduce el potencial de desnitrificación

## 2. FANGOS ACTIVOS. ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO

### Normativa en Europa. Directiva 271

> **100.000h-eq**: Fósforo total efluente,  $Pt(\text{fosfato} + P \text{ orgánico}) < 1\text{mg/L}$ .

Si SST efluente 15–20mg/L, P orgánico 0.6–0.8mg/L. Fosfato, ef < 0.2–0.4mg/L

< **100.000h-eq**:  $Pt < 2\text{mg/l}$ . Fosfato, ef < 1.2mg/L

### Influyente: Agua bruta o decantada. Estabilización del fango

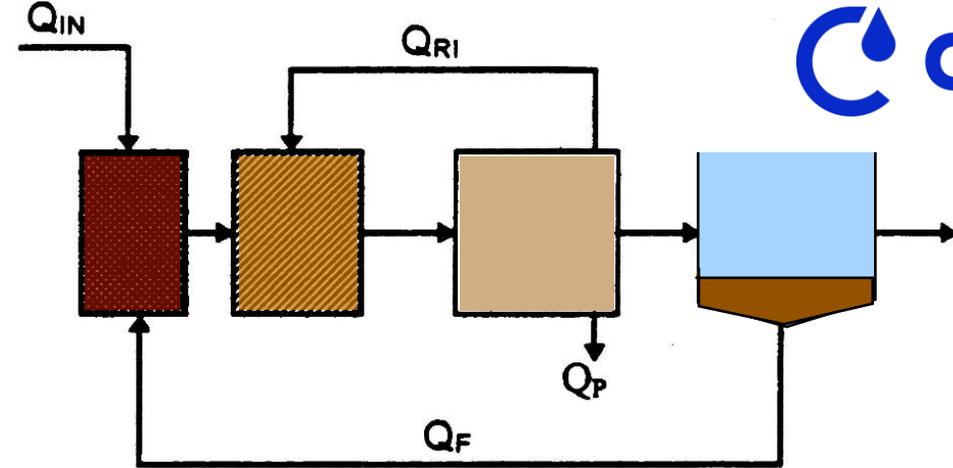
> **50.000h-eq**: Agua decantada (bajo SST y DBOs) y digestión anaerobia de fango primario y secundario.

< **50.000h-eq**: Agua bruta y Estabilización del fango en el propio biorreactor.

## 2. FANGOS ACTIVOS. ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO

### Tecnología A2O

- DBOs captada por PAOs en Zona anaerobia
- Potencial de elim. de Fósforo función de DBOs del agua influente
- Nitrato a Anaerobio consume DBOs
- PO<sub>4</sub> se libera en zona anaerobia y se consume en zonas anóxica y aerobia
- Reactores en varios pasos con zonas facultativas.



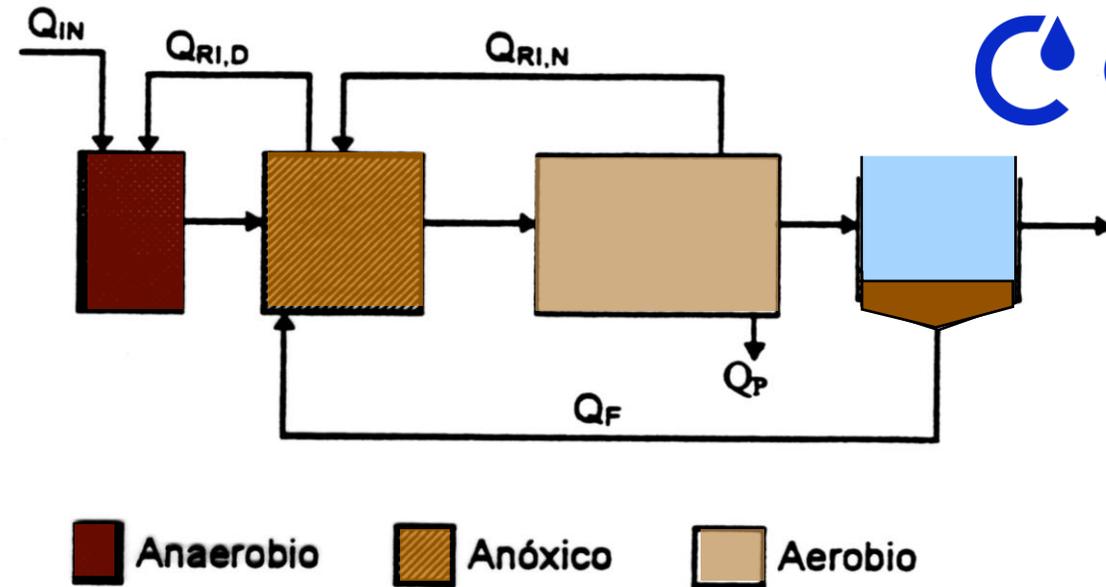
 Anaerobio     Anóxico     Aerobio



## 2. FANGOS ACTIVOS. ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO

### Tecnología UCT

- No nitrato a zona anaerobia
- Recirc interna adicional
- Algo Mayor volumen de Zona anaerobia



## 2. FANGOS ACTIVOS. ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO

### Cumplimiento de Ptef

#### **Para $Pt < 2\text{mg/L}$ ,**

**<50.000h-eq:** TRH y TRS ALTOS: 20–25h y 25–30d

Se puede cumplir sin necesidad de coagulante Férrico. Mejor si Nitrato efluente bajo para optimizar captación de DBOs por PAOs

**50.000–100.000h-eq:** TRH y TRS MÍNIMOS: 11–13h y 13–15 d

Mejor por menor redisolución de Polifosfatos en PAOs, pero peor por dificultad de Nt efluente bajo

#### **Para $Pt < 1\text{mg/L}$ ,**

**>100.000h-eq** TRH y TRS MÍNIMOS: 12–14h y 14–16 d

En general para cumplir se requiere dosificación de coagulante Férrico con óptimo control automático.

## Tecnologías A2O y UCT

### Ventajas

- Tecnología sencilla pero con más reactores que D-N.
- Reactores en serie y facultativos

### Limitaciones

- Potencial de elim P biol condicionado por DBOs, inf
- Reversibilidad de Polifosfatos a PO4 por condiciones anaerobias, alto TRS y temperatura
- Con digestión anaerobia: Redisolución de polifosfatos y Carga PO4 en retornos: 20-25%
- PAOs captan DBOs y reduce algo el potencial de desnitrificación
- Alto Espacio requerido
- Probable Alto IVF por Bulking filamentoso
- Para robustez de funcionamiento se requiere control automático adecuado

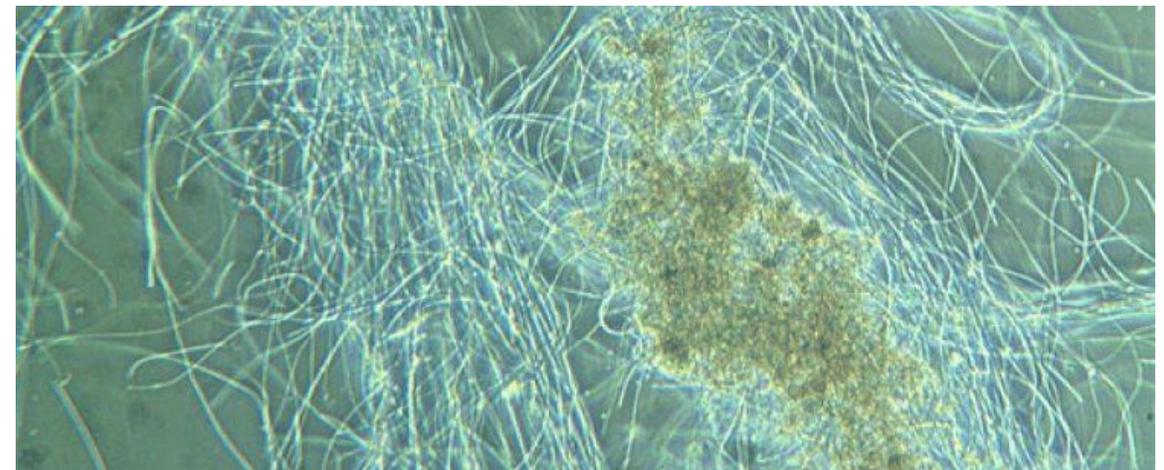
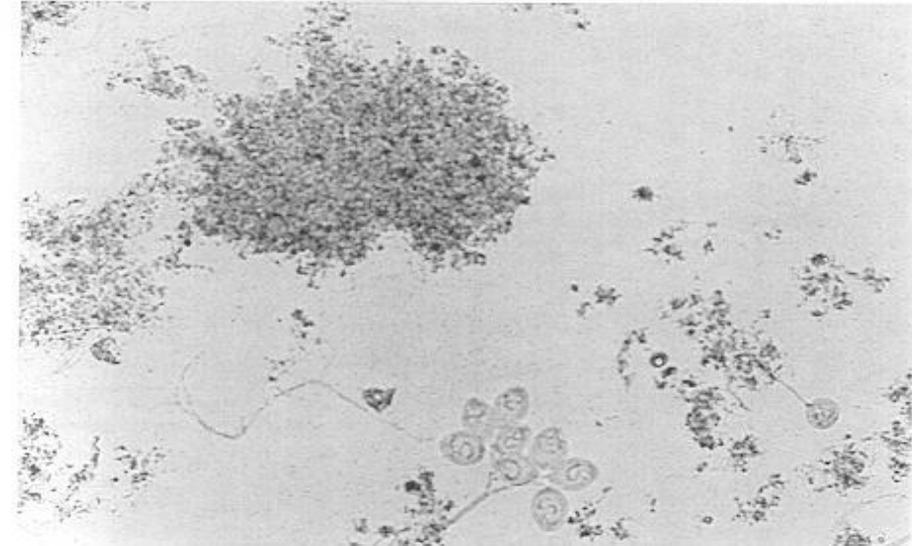
## 2. FANGOS ACTIVOS. ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO

### Otras tecnologías

- En general se requiere reactor Anaerobio previo.
- En SBR y Carrusel no es fácil generar condiciones anaerobias con captación importante de DBOs.
- En diques de oxidación es Posible generar zona anaerobia y elim de fósforo, pero sin eliminación de Nitrógeno.

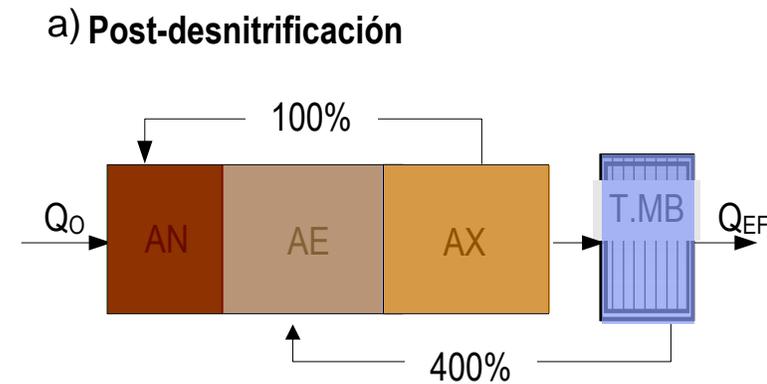
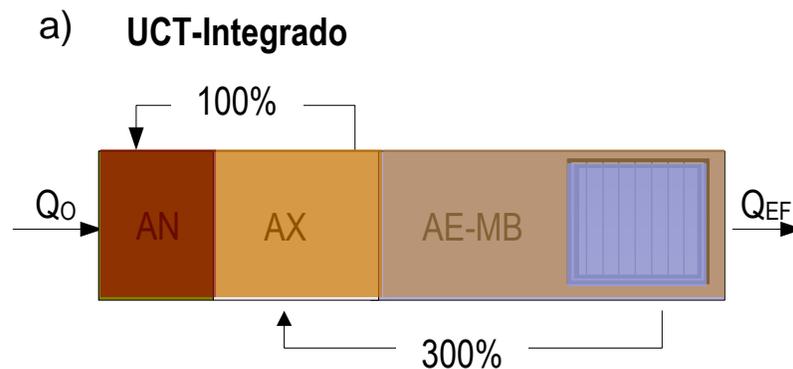
### 3. CONTROL DEL BULKING FILAMENTOSO

- Vigilancia permanente
- No está clara la eficacia de selectores.
- Extracción de espumas para bajar TRS de bacterias filamentosas
- Dosificación óptima de cloro , en el momento oportuno y con la frecuencia necesaria
- Actualmente algunas empresas están proponiendo la aplicación de hidro-ciclones o mecanismos similares para extraer el fango con peor decantabilidad. Así se puede seleccionar el fango y reducir el IVF



## 4. Tecnología MBR

- Módulos de membranas de filtración en lugar de Dec. Secundarios
- Membranas planas o fibra hueca
- Membranas sumergidas de succión o membranas externas de presión
- ALTAS SSLM en zona de Membranas
- Altas Recirculaciones para minimizar gradiente de sólidos en Bioreactores
- Propuestas de Dimensionamiento muy diferentes



## Ventajas

- Reducción de espacio requerido por alto SSLM en Bioreactores y sin Decantador
- No hay problemas de bulking filamentoso
- Obtener un Efluente sin Bacterias patógenas con clara aplicación en reutilización o similar

## Limitaciones

- Mayor complejidad que fangos activos
- No está claro el dimensionamiento óptimo de reactores mediante técnicas convencionales. Recomendando simulación.
- Costes mayores que fangos activos, especialmente para caudales altos
- consumo de energía relativamente alto respecto a fangos activos.
- Para la robustez de funcionamiento ante variaciones del caudal se requiere control adecuado de las Membranas.
- Por ello, me parece muy interesante la remodelación de plantas que aplican MBR a Q constante deseado y el resto con Q variable mediante tecnologías con Dec (FA, MBBR-IFAS, por ej Tarrasa y Gava-Viladecans)

## 5. Procesos BIOPELÍCULA

### Características de los medios soporte de la películas

Superficie específica: 200-2000 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>  
Porosidad: 10-90%

### Características de las biopelículas respecto a fangos activos

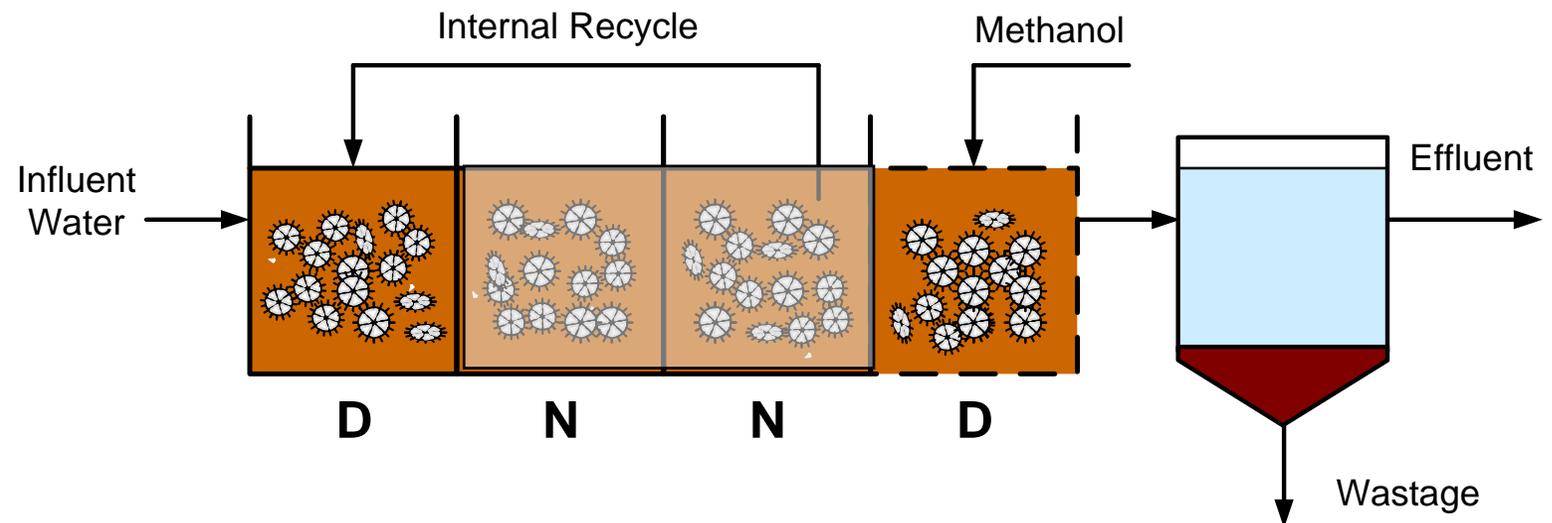
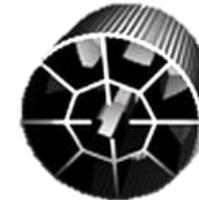
- Muy alta concentración de bacterias y por tanto altas tasas de biodegradación:
  - Heterótrofas: densidad: 150.000 g/m<sup>3</sup>
  - Nitrificantes: densidad: 400.000 g/m<sup>3</sup>
- Fenómenos intervinientes: Difusión de sustrato y oxígeno, adhesión de partículas, crecimiento de bacterias y muerte, desprendimiento de biomasa en la superficie de la biopelícula por cizalladura en el biorreactor.
- Consecuencia: **Gradiente de biomasa, sustrato y oxígeno en el espesor de la biopelícula, el cual depende de los fenómenos anteriores.**
- Primeras aplicaciones: Biodegradación aerobia de materia orgánica + nitrificación mediante 2-3 biorreactores en serie: en el primero solo Eliminación DBO y en el último solo nitrificación.



## 5. Procesos BIOPELÍCULA

### MBBR puro: Lechos móviles Eliminación de nitrógeno y fósforo

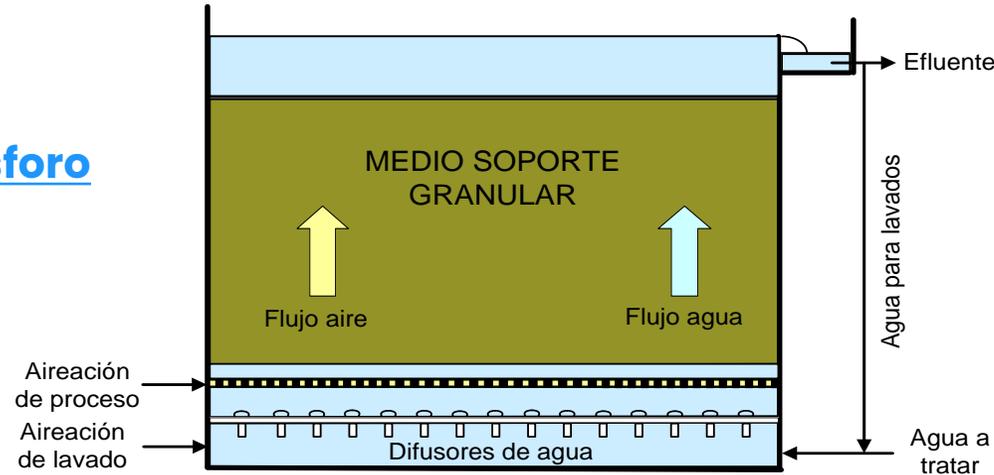
- Lecho móvil bien agitado en reactor
- No recirculación de fangos
- Autolavado por Zizalladura
- Requiere Decantador
- Alto DO para nitrificar y en la QRI
- DBOs, inf en parte consumida por Heterótrofas con Oxígeno.
- DBOp poco adherida



## 5. Procesos BIOPELÍCULA

### BAF: Biofiltros granulares Eliminación de nitrógeno y fósforo

- No requiere Decantador
- SST influente baja
- Requiere Lavados
- OD alto para nitrificar



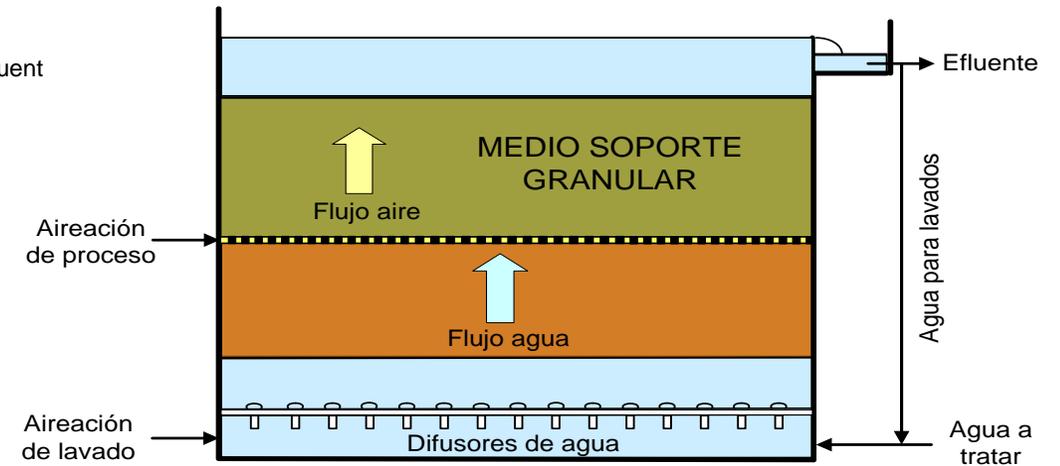
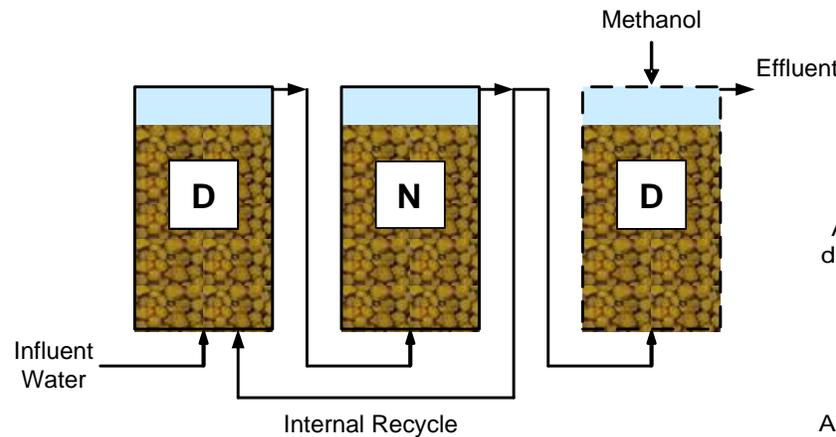
**Relleno 3 – 8 mm**



**Poliestireno**



**Arcilla expandida**



## BAF. Biofiltros granulares

### Ventajas

- Bajo espacio requerido. TRH para nitrificar: 1/3-4 de fangos activos
- Se adecua bien para plantas nuevas pero mal para remodelación de fangos activos existentes

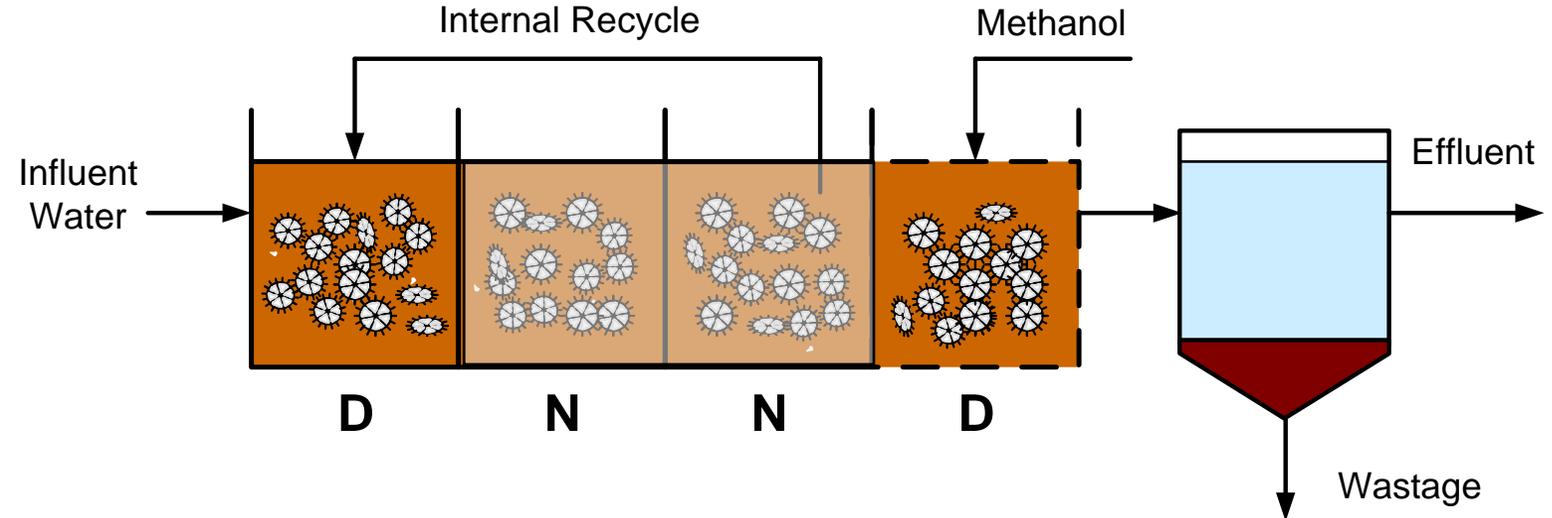
### Limitaciones

- Relativamente alto consumo de oxígeno-energía
- Baja tasa de pre-desnitrificación por baja DBO disponible:
  - Para bajo ratio  $DQO/NTK_{inf}$  problemas para  $N_{tef} < 15 \text{ mg/L}$ .
  - Para conseguir  $N_t < 10 \text{ mg/L}$  es necesario biorreactor post-desnitrificación con metanol
- Complejidad de funcionamiento por necesidad de lavados adecuados
- Robustez de funcionamiento problemática en periodos de lluvias
- Eliminación de fósforo físico-química

## 5. Procesos BIOPELÍCULA

### MBBR puro: Lechos móviles Eliminación de nitrógeno y fósforo

- Lecho móvil bien agitado en reactor
- No recirculación de fangos
- Autolavado por Zizalladura
- Requiere Decantador
- Alto DO para nitrificar y en la QRI
- DBOs, inf en parte consumida por Heterótrofas con Oxígeno.
- DBOp poco adherida



## MBBR: Lechos móviles

### Ventajas

- Bajo espacio requerido. TRH para nitrificar: 1/2-3 de fangos activos
- Sencillez de instalación, funcionamiento y operación
- Robustez ante picos de carga de Nitrógeno, inhibidores y temperatura
- Robustez de funcionamiento: Si Dec y no Bulking filamentoso

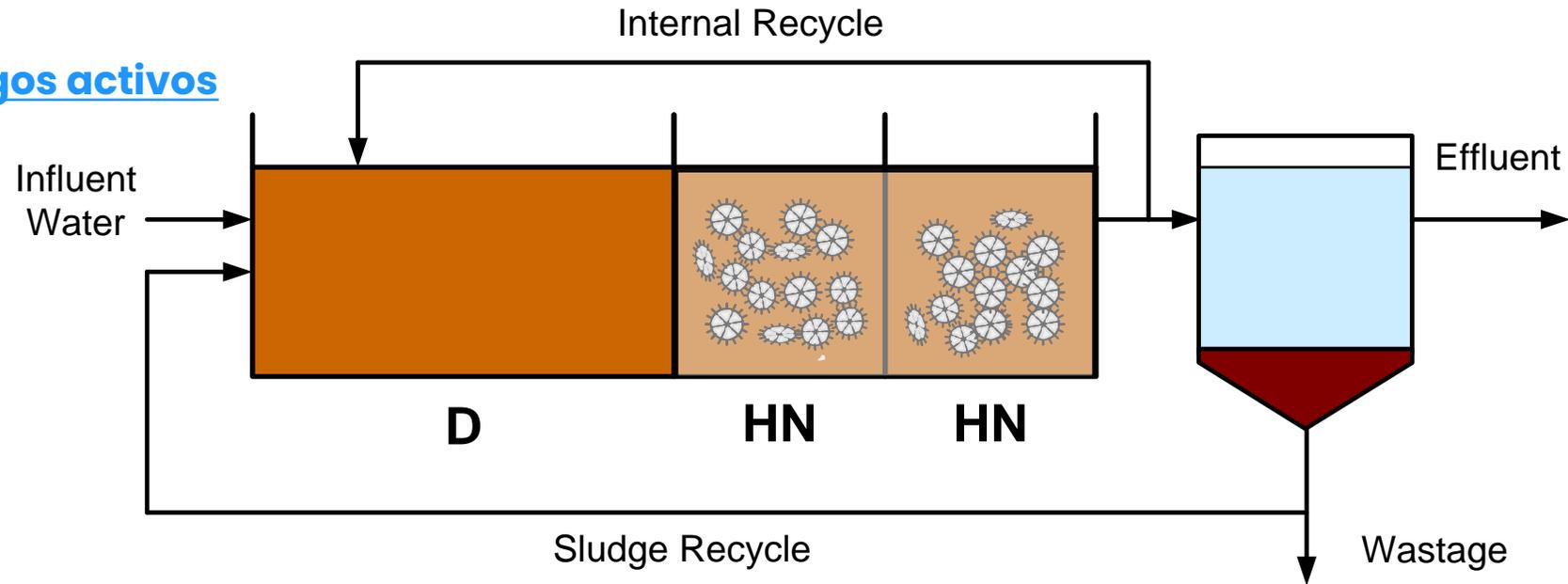
### Limitaciones

- Relativamente alto consumo de oxígeno-energía
- Baja tasa de pre-desnitrificación por baja DBO disponible:
  - Para bajo ratio  $DQO/NTK_{inf}$  problemas para  $N_{tef} < 15 \text{ mg/L}$ .
  - Para conseguir  $N_t < 10 \text{ mg/L}$  es necesario biorreactor post-desnitrificación con metanol
- Posible necesidad de coagulante para mejorar clarificación
- Eliminación de fósforo físico-química
- Relativamente alto coste de lechos móviles

## 5. Procesos BIOPELÍCULA

### MBBR-IFAS: Lechos móviles con fangos activos Eliminación de nitrógeno y fósforo

- Si recirculación de fangos
- No lecho móvil en Pre-desnitrificación
- Autolavado por Zizalladura
- Requiere Decantador
- Alto DO para nitrificar y en la QRI.
- DBOp adherida a fango activo



## MBBR-IFAS: Lechos móviles con fangos activos

### Ventajas

- Menor necesidad de lechos móviles que en MBBR puro
- Alta Tasa de nitrificación.
- Bajo espacio requerido. Bioreactor aerobio: 40-50% del Total.
- Tasa de pre-desnitrificación similar a fangos activos
- Eliminación de fósforo biológica igual que en fangos activos. Se consigue bien  $P_t < 1 \text{ mg/L}$  completando con coagulante Férrico
- TRH para elim NyP: 1/2 de fangos activos
- Menor TRS que fango activo y, por tanto, fango menos estabilizado y mejor para digestión anaerobia
- Sencillez de instalación, funcionamiento y operación
- Robustez ante picos de carga de Nitrógeno, inhibidores y temperatura y de funcionamiento del Decantador por no Bulking folamentoso por bajo TRS
- NO problemas para conseguir  $N_{\text{tef}} < 15 \text{ mg/L}$ .
- NO necesidad de coagulante para mejorar clarificación
- Se adecua muy bien para remodelación de fangos activos existentes. **Aplicación alta ante falta de espacio**

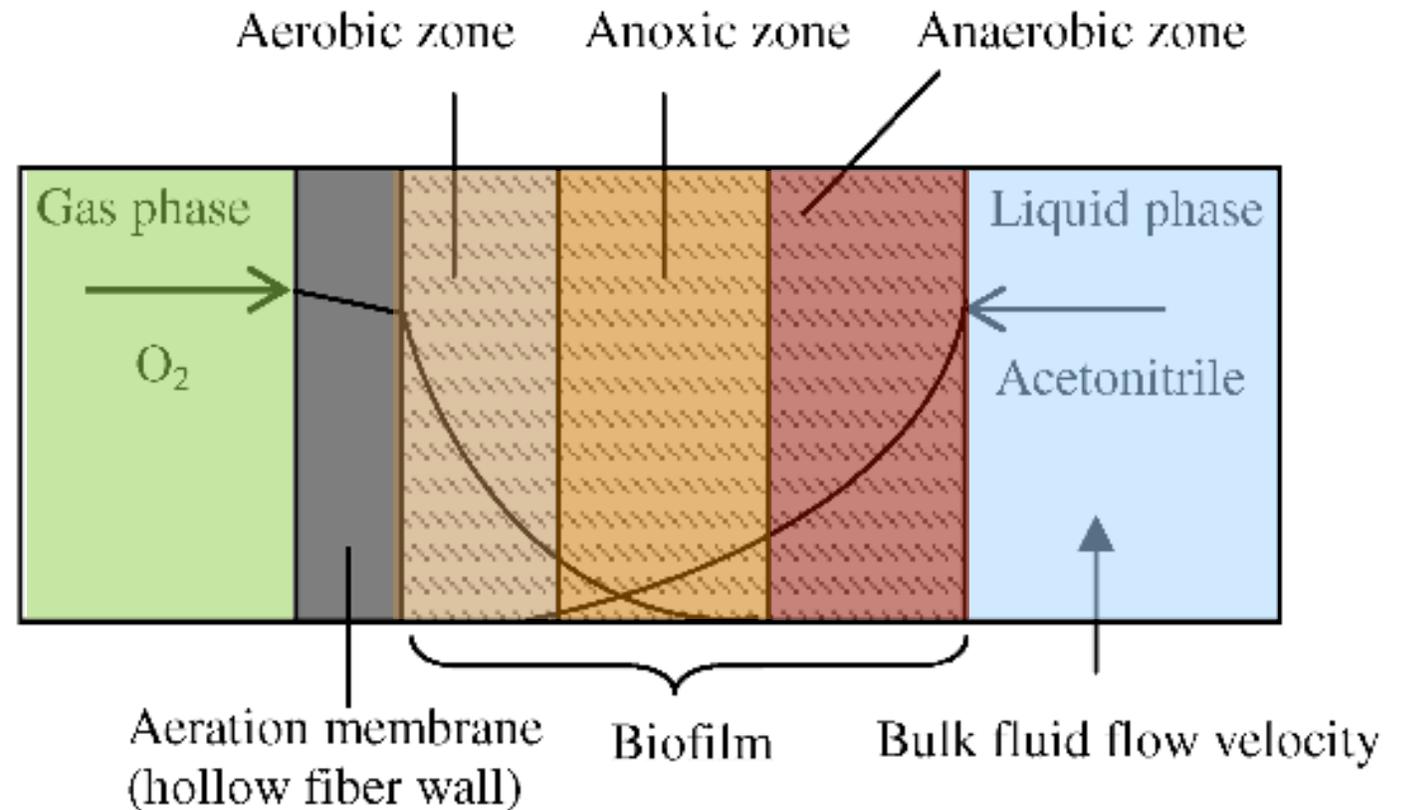
### Limitaciones

- Relativamente alto consumo de oxígeno-energía
- Coste del lecho móvil
- Para bajos ratios  $DQO/NTK_{\text{inf}}$ , puede ser problemático conseguir  $N_t < 10$ .
  - Solución: igual que en fangos activos: adición de metanol o Deamonificación

## 5. Procesos BIOPELÍCULA

### MABR Puro: biopelícula sobre membrana aireada Eliminación de nitrógeno y fósforo

- Membranas planas o fibra hueca
- Aire suministrado por el interior de las membranas sin burbujeo
- Modulos similares a MBR pero adaptados a esta aplicación



## MABR puro: biopelícula sobre membrana aireada

### Ventajas

- Bajo espacio requerido.
- Altas tasas de nitrificación.
- TRH para nitrificar: 1/3-4 de fangos activos
- Bajo consumo de oxígeno-energía
- Robustez de funcionamiento : Dec y no Bulking filamentoso

### Limitaciones

- Relativa complejidad de instalación, funcionamiento y operación
- Igual que en MBBR puro: Baja tasa de pre-desnitrificación
- Posible necesidad de coagulante para mejorar clarificación
- Eliminación de fósforo físico-química
- Relativamente alto coste de módulos de Membranas
- Aplicación incipiente en pequeñas poblaciones

## 5. Procesos BIOPELÍCULA

### MABR-IFAS: biopelícula sobre membrana aireada con fangos activos . Eliminación de nitrógeno y fósforo

#### Ventajas

- Muy Bajo espacio requerido.
- Altas tasas de nitrificación
- TRH para nitrificar: 1/3-4 de fangos activos
- Desnitrificación en fangos activos en mismo biorreactor. **Puede no ser necesaria la recirculación interna**
- Eliminación de fósforo igual que en MBBR-IFAS
- **Bajo consumo de oxígeno-energía**
- Robustez de funcionamiento : Dec y no Bulking por bajo TRS
- Se adecua muy bien para remodelación de fangos activos existentes

#### Limitaciones

- Relativa complejidad de instalación, funcionamiento y operación
- Relativamente alto coste de módulos de Membranas
- Apenas aplicaciones a plantas medianas y grandes

## 5. Procesos BIOPELÍCULA

### RBC: Biodiscos. Eliminación de nitrógeno y fósforo

- Cada vez más requerido para pequeñas poblaciones.
- Avances igual que en MABR con similares ventajas y limitaciones.

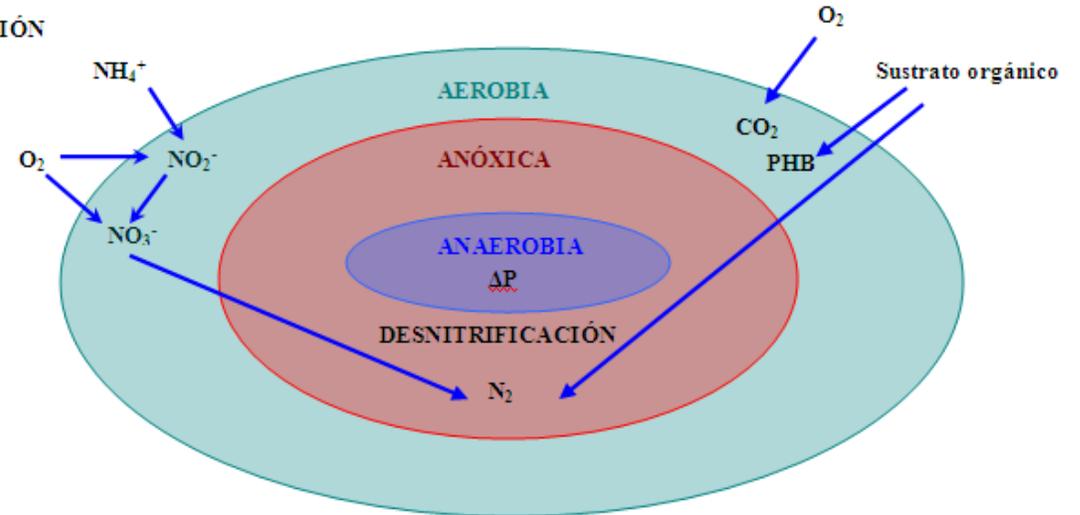


## 5. Procesos BIOPELÍCULA

### AGS: sistemas granulares aireados. Eliminación de nitrógeno y fósforo

- Funcionamiento como SBR , pero con llenado y vaciado simultáneo
- Régimen de saciedad/hambruna para generar gránulos
- Estratificación de biomazas en biopelícula granular con altas concentraciones(Figura)
- Tiempos de sedimentación cortos y extracción de fango con peor decantabilidad para seleccionar fango con bajo IVF
- Bajos tiempos de ciclo y TRH

NITRIFICACIÓN



## AGS: sistemas granulares aireados

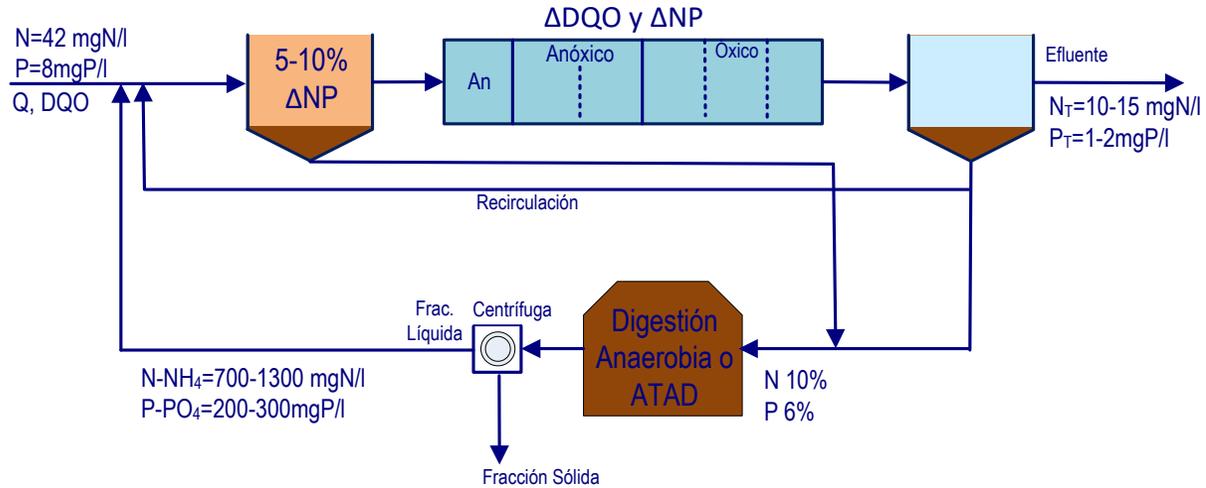
### Ventajas

- No necesidad de medio soporte (BAF, lechos móviles, membranas)
- Bajo TRH y Bajo espacio requerido por SBR.
- Altas tasas de nitrificación en la biopelícula del gránulo
- Alta tasa de eliminación de fósforo en gránulos
- NO Recirculación interna ni de fangos por SBR.
- Muy bajo IVF
- Se adecua bien para plantas nuevas pero más problemático para remodelación de fangos activos existentes, salvo SBR

### Limitaciones

- No clara generación de gránulos en todos los casos: Dependencia de las características del agua influente
- Alto caudal de purga
- Existencia de fango floculento ,aunque con bajo IVF, donde pienso que probablemente tiene lugar una desnitrificación significativa
- Relativa complejidad de operación
- Por ser SBR y bajo tiempo de ciclo y TRH, para robustez de funcionamiento creo que se requiere un control automático óptimo

## 6. Deamonificación. Nitritación parcial / anammox (NP/A)



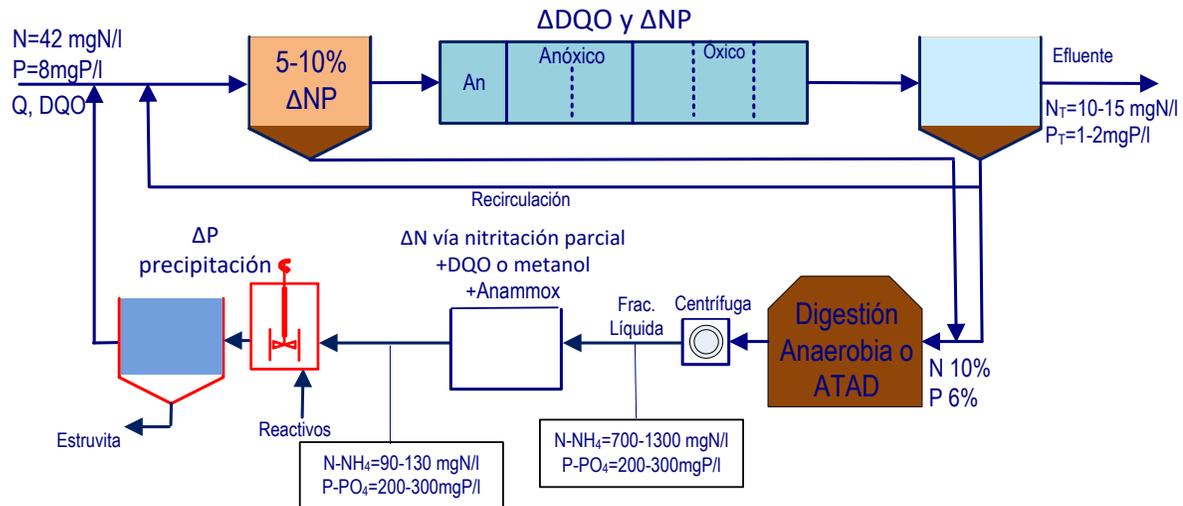
### Nitritación parcial



### Anammox

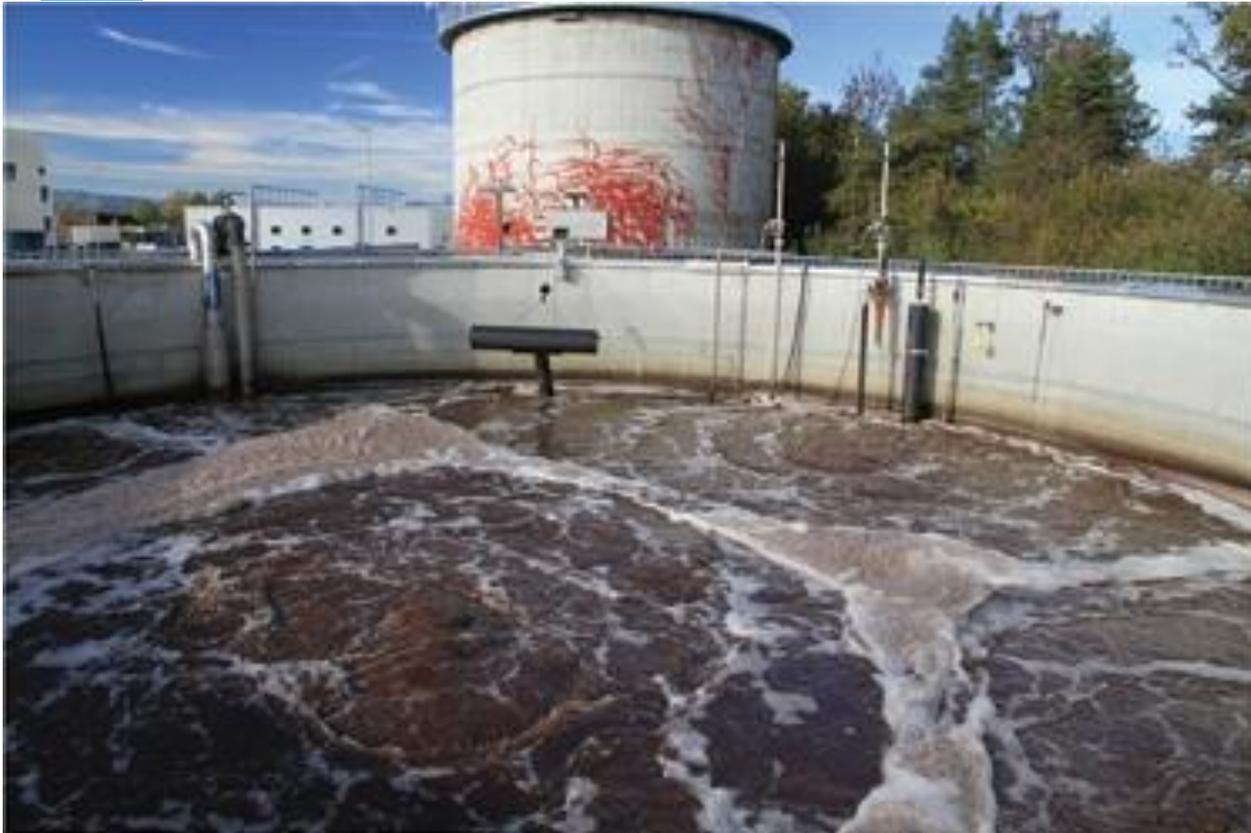


- No DBO soluble
- Supresión de reacción de nitrito a nitrato
- Consumo de oxígeno: 60% menor que en eliminación de nitrógeno convencional
- Tendencia a granular de Anammox



## 6. Deamonificación NP/A. Tecnología con biomasa en suspension

### SBR



## Ventajas

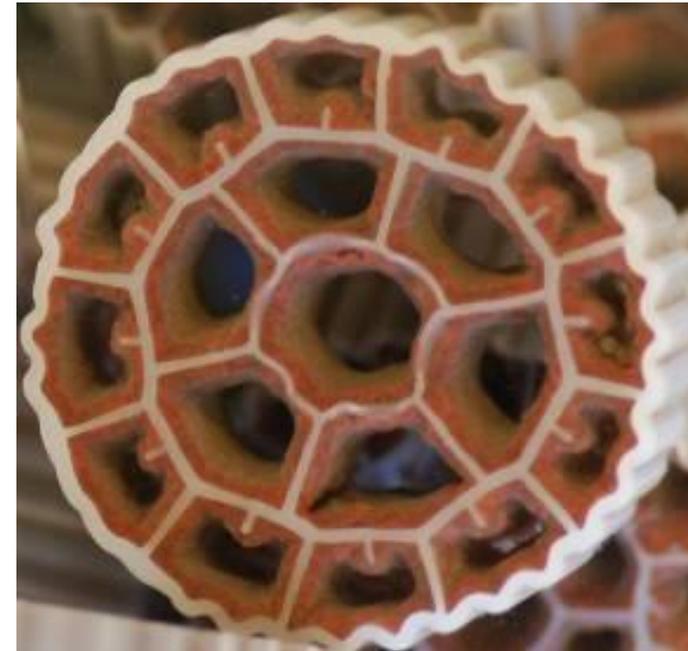
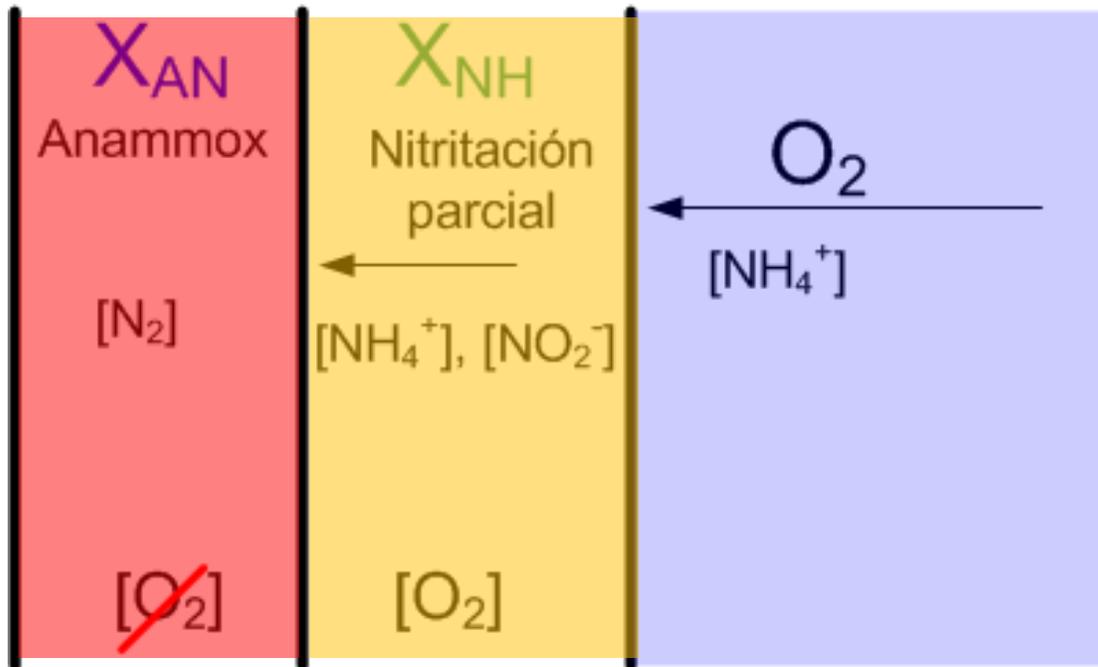
- Bajo espacio requerido por NP/A conjunta en biorreactor y por SBR
- Tecnología sencilla

## Limitaciones

- Complejidad de operación por control muy fino de pH y Oxígeno disuelto para conseguir Ratio  $\text{NO}_2/\text{NH}_4=1.3$ . disponible para Anammox
- Consecuencia: Problemática para alta tasa de eliminación de Nitrógeno y Robustez de funcionamiento
- Por ello, actualmente algunas empresas proponen dos reactores separados para nitrificación parcial y para anammox con biomasa en suspensión

## 6. Deamonificación NP/A. Tecnología con biomasa en biopelícula de lecho móvil

### MBBR



## Ventajas

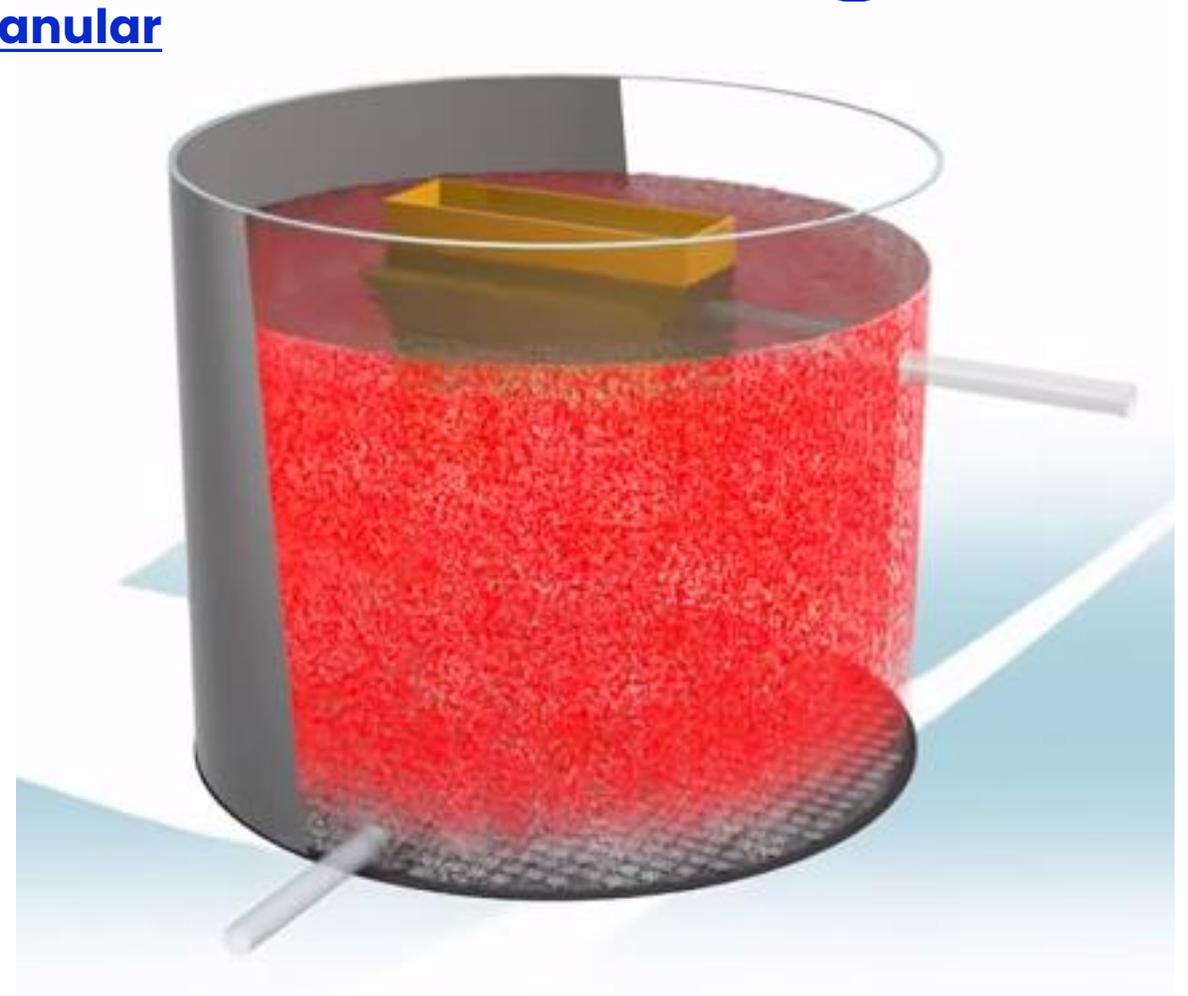
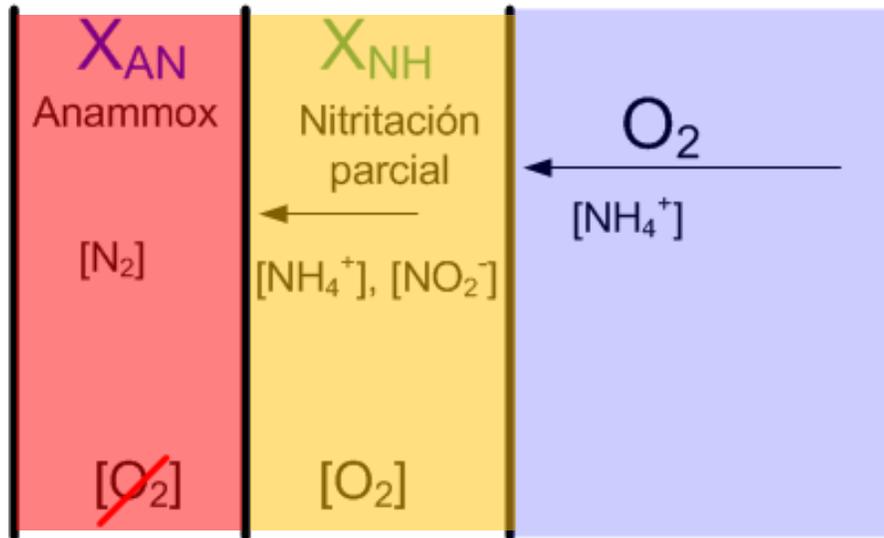
- Bajo espacio requerido por NP/A conjunta en biorreactor
- Tecnología sencilla

## Limitaciones

- Complejidad de operación por control muy fino de oxígeno disuelto para conseguir  $\text{RatioNO}_2/\text{NH}_4=1.3$  y  $\text{OD}=0$  en capa de biopelícula entre biomasa nitrificantes y anammox
- Consecuencia: Posible Problemática para alta tasa de eliminación de Nitrógeno y de Robustez de funcionamiento
- Por ello, actualmente algunas empresas proponen dos reactores separados con lecho móvil para nitrificación parcial y para anammox o con un solo reactor pero en IFAS: nitrificantes en suspensión y anammox en biopelícula

## 6. Deamonificación. Tecnología con biomasa granular

Estratificación similar a MBBR pero sin lecho móvil



Paques

## Ventajas

- No necesario medio soporte de biopelícula
- Bajo espacio requerido por NP/A conjunta en gránulo

## Limitaciones

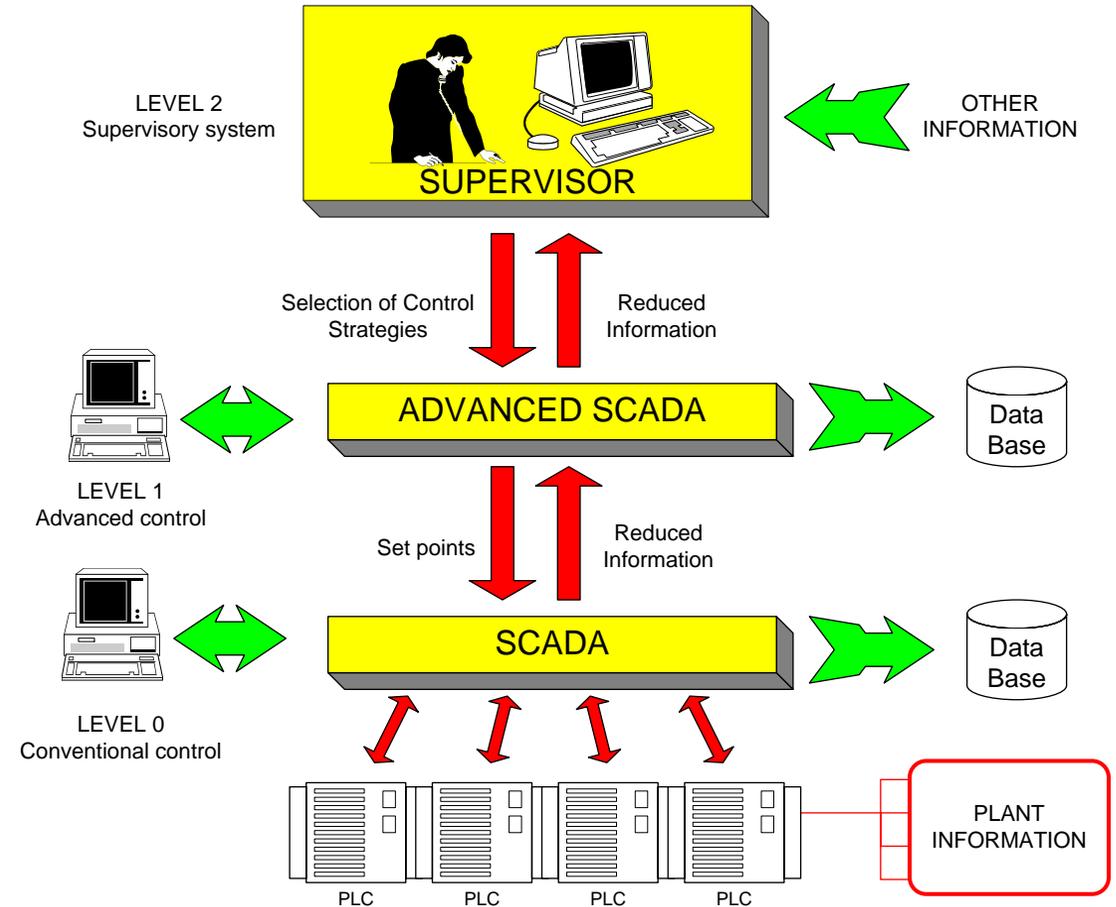
- Tecnología relativamente compleja que requiere condiciones hidráulicas adecuadas y mecanismo de separación de fases
- -Igual que en Lecho móvil:
- - Complejidad de operación por control muy fino de oxígeno disuelto para conseguir  $\text{RatioNO}_2/\text{NH}_4=1.3$  y  $\text{OD}=0$  en capa de biopelícula entre biomasa nitrificantes y anammox
- -Consecuencia: Posible Problemática para alta tasa de eliminación de Nitrógeno y de Robustez de funcionamiento

## 6. Deamonificación. NPA en Línea de Aguas

- Mucha investigación en los últimos años
- Factores negativos:
  - Necesidad de eliminación DBO previamente
  - Baja concentración de Amonio que dificulta la supresión de la reacción de nitrito a nitrato
  - Baja temperatura que reduce tasa de crecimiento de anammox
  - Primeros intentos con sólo un biorreactor
  - Actualmente tendencia a emplear reactores separados

## 7. CONTROL AUTOMÁTICO

- Actualmente absolutamente recomendable con el fin de optimizar el funcionamiento de una planta de eliminación de Nitrógeno y Fósforo
- Sensores disponibles en el mercado: Q, DO, ORP, SST, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>.
- Aspectos críticos:
  - Fiabilidad y precisión de los sensores
  - Localización de los sensores
  - Algoritmos de los Lazos de control: Control Jerarquico (ver figura)
  - Optimización de la nitrificación: NH<sub>4</sub>-OD
  - Optimización de la desnitrificación: NO<sub>3</sub>-RI
  - Optimización de la eliminación de fósforo: PO<sub>4</sub>-FE
  - Optimización del TRS : SST-Qp
  - Optimización de la Dec: QRF-Qinf, SST-Dec





## **9. CONCLUSIONES**

### **Nuevas plantas o reconstrucción completa de una existente**

**> 5000 h-eq:** Cualquier tecnología teniendo en cuenta sus ventajas y limitaciones.

**500 a 5000 h-eq:** Pueden ser modulares, empaquetadas, contenerizadas. Cualquier tecnología, incluyendo filtros percoladores, biodiscos, MABR, etc.

**<500 h-eq:** Las plantas empaquetadas de fangos activos están dando muchos problemas. Recomiendo procesos biopelícula

### **Ampliación de plantas existentes de fangos activos**

**Si hay espacio suficiente:** En muchos casos se opta por continuar con Fangos Activos.

**Si el espacio adicional es reducido:**

- Si se quieren mantener decantadores secundarios y mantener o ampliar ligeramente los reactores la opción más aplicada está siendo MBBR-IFAS.
- Pueden ser interesantes las soluciones híbridas con MBR(reutilización), BAF, AGS.

**Respecto a las tecnologías emergentes**(MABR-IFAS,NP/A, etc.) hay que ir observando cómo evoluciona su aplicación en el mercado.

Siempre recomiendo la **optimización del dimensionamiento por simulación** e instalación de **control automático** avanzado.

MasterClass  
patrocinada por:



**Muchas gracias  
por su atención.**

AGUASRESIDUALES.INFO



Ciclo de 20  
**MasterClass**

AGUASRESIDUALES.INFO