

# ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE NUTRIENTES

GESTIÓN DE CUENCAS FLUVIALES  
Y TRATAMIENTO DE AGUAS

# ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. FORMAS DEL NITRÓGENO Y EL FÓSFORO**
- 3. DIVERSAS OPERACIONES Y PROCESOS DE ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO**
- 4. BASES TEÓRICAS DE LOS PROCESOS DE NITRIFICACIÓN**
- 5. DIMENSIONAMIENTO DE LA NITRIFICACIÓN**
- 6. BASES DE PROCESOS DE DESNITRIFICACIÓN**
- 7. DIMENSIONAMIENTO DE LA DESNITRIFICACIÓN**
- 8. TIPOS DE PROCESOS DE NITRIFICACIÓN-DESNITRIFICACIÓN**
- 9. ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE FÓSFORO**
- 10. DISEÑO DE PLANTAS CON ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE FÓSFORO**

# 1. INTRODUCCIÓN

EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO CONVENCIONAL ELIMINA MATERIA CARBONOSA (ORGÁNICA) Y SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN

EN EL RD 509/1996 DE 15 DE MARZO SE INCORPORA A LA NORMATIVA ESPAÑOLA LA DIRECTIVA COMUNITARIA 91/271 POR EL QUE SE OBLIGA A LAS EDAR QUE VIERTAN A ZONA SENSIBLE ELIMINAR N Y P

PARAMETROS	CONCENTRACIÓN	PORCENTAJE MINIMO DE REDUCCIÓN.
Fósforo total (P-PO <sub>4</sub> +P orgánico)	2 mgP/l (de 10.000 a 100000 hab-eq.) 1 mgP/l (más de 100000 hab-eq.)	80
Nitrógeno total (NTK+N-NO <sub>3</sub> )	15 mgN/l (de 10.000 a 100000 hab-eq.) 10 mgN/l (más de 100000 hab-eq.)	70-80

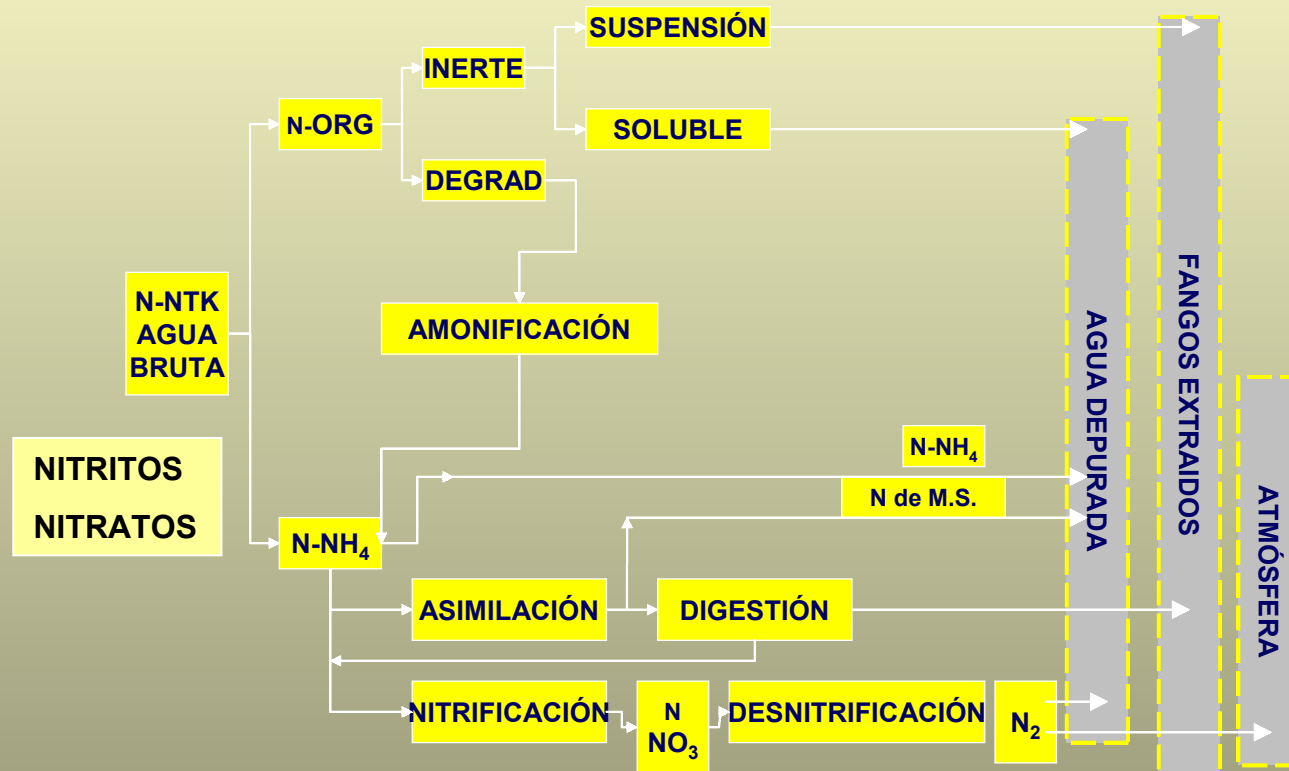
ZONAS SENSIBLES:

- AGUAS EUTRÓFICAS
- MASAS DE AGUA DULCE PARA USO DE AGUA POTABLE

# EFFECTOS NOCIVOS DEL N Y P



## 2. FORMAS DEL N Y P EN AGUA RESIDUAL



### FORMAS DEL FÓSFORO EN AR

- ORTOFOSFATOS: 15 – 35 %
- POLIFOSFATOS : 65 – 85 %
- FÓSFORO DECANTABLE: 5 – 15 %
- FÓSFORO SOLUBLE : 95 – 85%

### 3. DIVERSAS OPERACIONES DE ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO

Operaciones y Procesos de tratamiento	Nitrógeno orgánico	NH <sub>3</sub> -NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Eliminación del Nt que entra en el proceso %.
<b>Tratamiento Convencional</b>				
Primario	10-20% eliminado	Ningún efecto	Ningún efecto	5-10
Secundario	15-50% eliminado Urea -> <b>NH<sub>3</sub>-NH<sub>4</sub></b>	< 10% eliminado	Ligero	10-30
<b>Proceso Biológicos</b>				
Asimilación bacteriana	Ningún efecto	40-70% eliminado	Ligero	30-70
Desnitrificación	Ningún efecto	Ningún efecto	80-90 % elim.	70-95
Cultivo de algas	Transformación parcial a <b>NH<sub>3</sub>-NH<sub>4</sub></b>	->Células	->Células	50-80
Nitrificación	Limitado	-> NO <sub>3</sub>	Ningún efecto	5-20
Estanques de estabilización	Transformación parcial a NH <sub>3</sub> -NH <sub>4</sub>	Eliminación parcial por arrastre.	Eliminación parcial por nitrif/desnitrif.	20-90

# DIVERSAS OPERACIONES DE ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO

Operaciones y de Procesos de tratamiento	Nitrógeno orgánico	NH3-NH4	NO3	Eliminación del Nitrógeno total que entra en el proceso %.
<b>Proceso químicos</b>				
Cloración de breakpoint	Incierto	90-100% eliminado	Ningún efecto	80-95
Coagulación química	50-70% eliminado	Ligero	Ligero	20-30
Absorción sobre carbono	30-50 % eliminado	Ligero	Ligero	10-20
Intercambio iónico selectivo para el amoniaco	Ligero, incierto	80-97 % eliminado	Ningún efecto	70-95
Intercambio iónico selectivo para el nitrato	Ningún efecto	Ningún efecto	75-90 % elim.	70-90
<b>Operaciones físicas</b>				
Filtración	30-95% Nitr. Orgánico suspendido eliminado	Ningún efecto	Ningún efecto	20-40
Arrastre con aire	Ningún efecto	60-95 % eliminado	Ningún efecto	50-90
Electro diálisis	100 % de Nitr. Org. suspendido eliminado.	30-50 % eliminado	30-50 % eliminado	40-50
Osmosis inversa	60-90 % eliminado	60-90 % eliminado	60-90 % elim.	80-90

# 4. BASES DE LOS PROCESOS DE NITRIFICACIÓN DESNITRIFICACIÓN

## GENERALIDADES

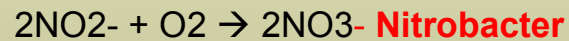
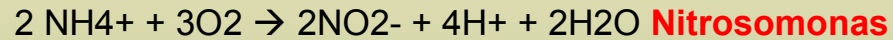
		FUERTE	MEDIA	DÉBIL
Nitrogeno total (NTK)	mgN/l	60	42	25
N-NO3		0	0	0
N-NH4		45	30	15
N Orgánico		15	12	10

RESUMEN DE PRINCIPALES TIPOS DE MICROORGANISMOS					
TIPO	FUENTE DE CARBONO	DONADOR DE e <sup>-</sup>	ACEPTOR DE e <sup>-</sup>	PRODUCTOS DEL METABOLISMO	CARACTERÍSTICA
BACTERIAS HETERÓTROFAS	CARBONO ORGÁNICO DISUELTO	CARBONO ORGÁNICO	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub>	BACTERIAS AEROBIAS
			NO <sub>3</sub> Y NO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	BACTERIA DESNITRIFICANTE
			CARBONO ORGÁNICO	CARBONO ORGÁNICO	BACTERIAS ANAEROBIAS
	CARBONO ORGÁNICO PARTICULADO	CARBONO ORGÁNICO	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub>	CILIADOS Y METAZOOS INFERIORES
BACTERIAS AUTÓTROFAS	CO <sub>2</sub> CO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>2</sub>	O <sub>1</sub> O <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub> NO <sub>3</sub>	NITROSOMONAS NITROBACTER



# NITRIFICACIÓN: estequiometría.

## Reacciones para nitrificación



**Consumo de Oxígeno: 4,57 g O<sub>2</sub>/ g N-NH<sub>4</sub>oxidado**

**Consumo de Alcalinidad: 7,14 mg CO<sub>3</sub>Ca/mg N-NH<sub>4</sub>oxidado**

- Organismos quimioautótrofos
- Organismos aerobios estrictos
- Crecimiento de nitrosomonas < Crecimiento de nitrobacter
- Baja producción de materia celular
- Cinética de crecimiento tipo MONOD

## CINÉTICA Y FACTORES QUE AFECTAN A LA NITRIFICACIÓN

La reacción de formación de  $\text{NO}_2$  por Nitrosomonas es mucho más lenta por lo que la ecuación de

$$\mu_a = \mu_{am} \times \frac{S_{NH}}{K_{NH} + S_{NH}}$$

crecimiento de bacterias será:

### - OXÍGENO DISUELTO:

Nitrosomonas y Nitrobacter son aerobias estrictas: para  $\text{OD} < 2\text{mg/l}$  el crecimiento se reduce significativamente

Se consumen  $4,57 \text{ mgO}_2/\text{mgN-NH}_4$

$$\mu_a = \mu_{am} \times \frac{SO_2}{KO_2 + SO_2}$$

- **TEMPERATURA:** La velocidad de crecimiento depende de la temperatura según la ecuación de Arrhenius

$$K_t = K_{15} \times \theta^{(T-15)}$$

- **pH Y ALCALINIDAD:** la nitrificación consume alcalinidad por lo que el pH puede bajar

$$\mu_a = \mu_{am} [1 - 0,833 (7,2 - pH)]$$

### REACCIÓN CINÉTICA GLOBAL

$$\mu_a = \mu_{am} \left( e^{0,098(T-15)} \right) (1 - 0,833 (7,2 - pH)) \left( \frac{S_{NH}}{K_{NH} + S_{NH}} \right) \left( \frac{SO_2}{KO_2 + SO_2} \right)$$

## 5. DIMENSIONAMIENTO DE LA NITRIFICACIÓN

1. ESTABLECER COEFICIENTE DE SEGURIDAD (SF) : 1,45-2,5
2. ESTABLECER LA MÍNIMA CONCENTRACIÓN DE OD: 2 mg/l
3. PH EN OPERACIÓN PARA COMPROBAR LA ALCALINIDAD
4. CALCULAR VELOCIDAD DE CRECIMIENTO DE NITRIFICANTES A LA TEMPERATURA T

$$\mu_A = 0,47 \left[ e^{0,098(T-15)} \right] \left[ \frac{S_{O_2}}{1,3 + S_{O_2}} \right] [1 - 0,0833(7,2 - pH)]$$

5. CALCULAR LA EDAD DEL FANGO MÍNIMA

$$\theta_c^m = \frac{1}{\mu_A}$$

6. EDAD DEL FANGO DE DISEÑO

$$\theta_c^d = SF \times \theta_c^m$$

## 7. CRECIMIENTO DE NITRIFICANTES DE DISEÑO

$$\mu_{ADISEÑO} = \frac{1}{\theta_c^d}$$

## 8. CONSTANTE DE CRECIMIENTO PARA OXIDACIÓN DEL AMONIACO

$$K_{NH} = 10^{0,051T - 1,158}$$
$$\mu_{ADISEÑO} = \mu_{AM} \left[ \frac{S_{NH}}{K_{NH} + S_{NH}} \right]$$

## 9. AMONIO EN EL EFLUENTE

## 10. CÁLCULO DE $C_m$

$$\mu_{ADISEÑO} = \frac{1}{\theta_c^d} = Y_H \times C_m \times K_d$$

$$Y_H = 0,65 \text{ KgMLVSS/KgDBO}_{5\text{el.}}$$

$$K_d = 0,05 \text{ d}^{-1}$$

## 11. CÁLCULO DE TRH

$$\theta_H = \frac{S_0 - S_E}{X \times C_m}$$

## 12. DETERMINAR EL VOLUMEN DE REACTOR Y $C_V$

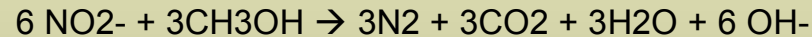
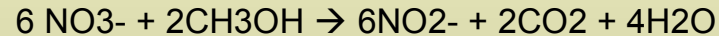
$$V_R = Q \times \theta_H \quad C_V = \frac{CDBO_5}{V_R}$$

## 13. DETERMINAR LA EXTRACCIÓN DE FANGO

$$M = F - QX_e \quad I = XV_R \quad F = \frac{I}{\theta_c^d}$$

# 6. BASES DE PROCESOS DE DESNITRIFICACIÓN

## ESTEQUIOMETRÍA



### **Bacterias heterótrofas**



Aporte de Oxígeno: 2,86 gr O<sub>2</sub>/ gr N-NO<sub>3</sub> reducido

Aporte de Alcalinidad: 3,57 gr CO<sub>3</sub>Ca/g N-NO<sub>3</sub> reducido

Consumo de Materia Orgánica: 4,6 gr DBO<sub>5</sub>/gr N-NO<sub>3</sub> reducido

### **Bacterias desnitrificantes**

- Organismos heterótrofos
- Organismos facultativos
- Baja producción de materia celular

Cinética de crecimiento tipo MONOD

## CINÉTICA Y FACTORES QUE AFECTAN A LA DESNITRIFICACIÓN

- **La reacción de eliminación de NO<sub>3</sub>** es mucho más lenta por lo que la ecuación de crecimiento de bacterias será:

$$\mu_H = \mu_{hm} \times \frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}}$$

- **CONCENTRACIÓN DE MATERIA CARBONOSA:**

$$\mu_H = \mu_{hm} \times \frac{S_b}{K_s + S_b}$$

Combinando ambas reacciones:

$$\mu_H = \mu_{hm} \times \left( \frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right) \left( \frac{S_b}{K_s + S_b} \right)$$

- **OXÍGENO DISUELTO:**

Paralización de la desnitrificación porque la velocidad de respiración de nitratos es mucho más lenta. A baja [OD] se ha observado desnitrificación porque en el interior del flóculo se supone que es cero a causa de la actividad de las bacterias y a la mayor difusión de los nitratos frente al oxígeno.

- **TEMPERATURA:** La velocidad de crecimiento depende de la temperatura según la ecuación de Arrhenius

$$V_{DN,t} = V_{DN,20} \times \theta^{(T-20)}$$

- **pH Y ALCALINIDAD:** es óptimo en torno a la neutralidad. Se recuperan en torno a 3,57 mg/l de CO<sub>3</sub>Ca

# **FACTORES QUE AFECTAN A LA DESNITRIFICACIÓN**

**QUE HAYA ZONAS LIBRES DE OXÍGENO DISUELTO CON MEZCLA ADECUADA**

**DEMANDA DE OXÍGENO SUFICIENTE DE BACTERIAS HETERÓTROFAS: EN PLANTAS CON TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO PREVIO LA DESNITRIFICACIÓN NO ES COMPLETA**





## 7. DIMENSIONAMIENTO DE LA DESNITRIFICACIÓN

### 1. BASE DE PARTIDA

$NTK_0$  = NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL DE ENTRADA AL BIOLÓGICO

$N_{oe}$  = NITRÓGENO ORGÁNICO EN EL EFLUENTE = 2 mg/l

$N_{FE}$  = NITRÓGENO EN FANGOS EN EXCESO (5%  $DBO_{5el}$ )

$N_{NH_4e}$  = NITRÓGENO AMONIACAL EN EL EFLUENTE = 2 mg/l

$S_{NO_3D}$  = NITRÓGENO A DESNITRIFICAR

$N_{NO_3e}$  = NITRATOS EN EL EFLUENTE

### 1. ESTABLECER EL NITRÓGENO NITRIFICABLE

$$NTK_n = NTK_0 - N_{oe} - N_{FE} - N_{NH_4e}$$

### 2. CALCULAR EL NITRÓGENO A DESNITRIFICAR

$$S_{NO_3} = NTK_n - N_{NO_3e}$$

### 3. RENDIMIENTO NECESARIO DE DESNITRIFICACIÓN

$$\eta = \frac{S_{NO_3}}{NTK_N}$$

### 4. DETERMINACIÓN DE RECIRCULACIÓN NECESARIA

$$\eta = \frac{Q_r/Q}{Q_r/Q + 1} \times 100$$

### 5. VELOCIDAD DE DESNITRIFICACIÓN

$$V_{DN,t} = V_{DN,20} \times \theta^{(T-20)}$$

$$V_{DN,20} = 3 \text{gN-NO}_3/\text{kgMLVSS.h}$$

$$T = 1,07$$

### 6. VOLUMEN ANÓXICO

$$V_A = \frac{S_{NO_3,D}}{V_{DN,t} \times X_{bh}}$$

# DIMENSIONAMIENTO NORMATIVA ATV A-131

1. Se determina el nitrógeno nitrificable

$$NTK_n = NTK_0 - N_{oe} - N_{FE} - N_{NH_4e}$$

2. Se calcula la relación con la carga de DBO<sub>5</sub>

$$\frac{C_d NTK_{nitri\dot{f}}}{C_d DBO_5}$$

3. Se fija la capacidad de desnitrificación a partir de la tabla

$V_D/V_R$	$S_{NO_3,D}/C_{DBO_5,ER}$	
	PRECONECTADA	SIMULTÁNEA
0,2	0,11	0,06
0,3	0,13	0,09
0,4	0,14	0,12
0,5	0,15	0,15

Al conocer  $C_d DBO_5$  se puede hallar el nitrógeno desnitrificable

4. Se calcula la recirculación necesaria

$$\frac{\frac{C_d NTK_{nitri\dot{f}}}{C_d DBO_5}}{\frac{S_{NO_3,D}}{C_{DBO_5,ER}}} \quad \eta = \frac{Q_r/Q}{Q_r/Q + 1} \times 100$$

5. Se determinan los nitratos a la salida a partir del nitrógeno nitrificable y desnitrificable

6. Se halla la edad del fango a partir de

$V_D/V_R$	Tamaño de la planta según $C_{d,DBO5}$			
	Hasta 1.200 kg/d		Más de 6.000 kg/d	
	10°C	12°C	10°C	12°C
0,2	12,5	10,3	10,0	8,3
0,3	14,3	11,7	11,4	9,4
0,4	16,7	13,7	13,3	11,0
0,5	20	16,4	16,0	13,2

7. Se determina el volumen de reactor biológico a partir de los fangos en exceso según la tabla

$X_{SST,ER}/C_{DBO5ER}$	Edad del fango en días					
	4	8	10	15	20	25
0,4	0,79	0,69	0,65	0,59	0,56	0,53
0,6	0,91	0,81	0,77	0,71	0,68	0,65
0,8	1,03	0,93	0,89	0,83	0,80	0,77
1,0	1,15	1,05	1,01	0,95	0,92	0,89
1,2	1,27	1,17	1,13	1,07	1,04	1,01

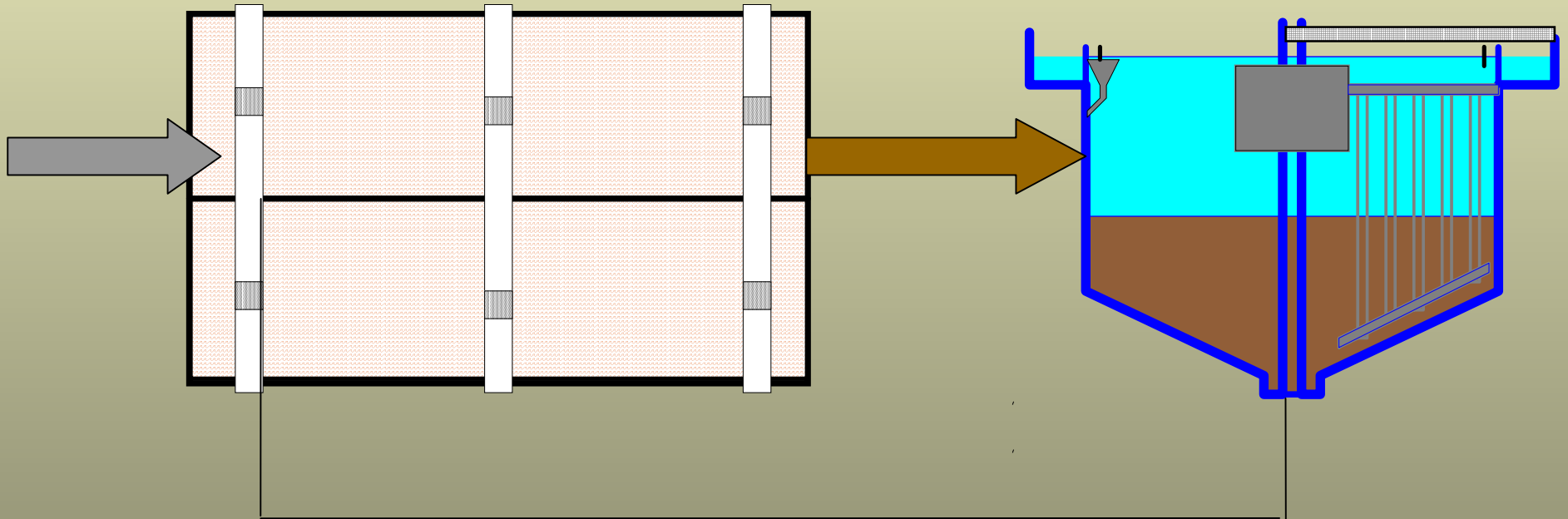
**Con la producción específica de fango se calculan los fangos en exceso**

**Se fija la concentración de MLSS en el reactor y se determina el volumen del reactor**

$$V_R = \frac{\theta_c^d \times FE}{MLSS}$$

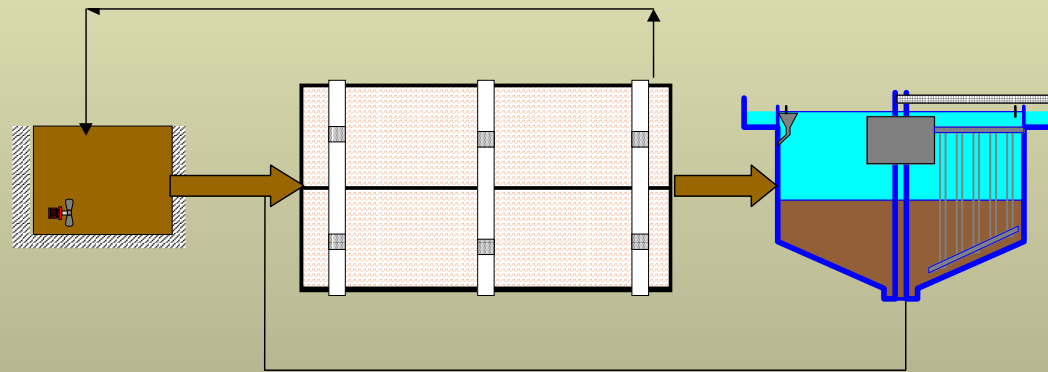
## 8. TIPOS DE PROCESO DE NITRIFICACIÓN-DESNITRIFICACIÓN

### EDAR CONVENCIONAL



# TIPOS DE SISTEMAS DE DESNITRIFICACIÓN

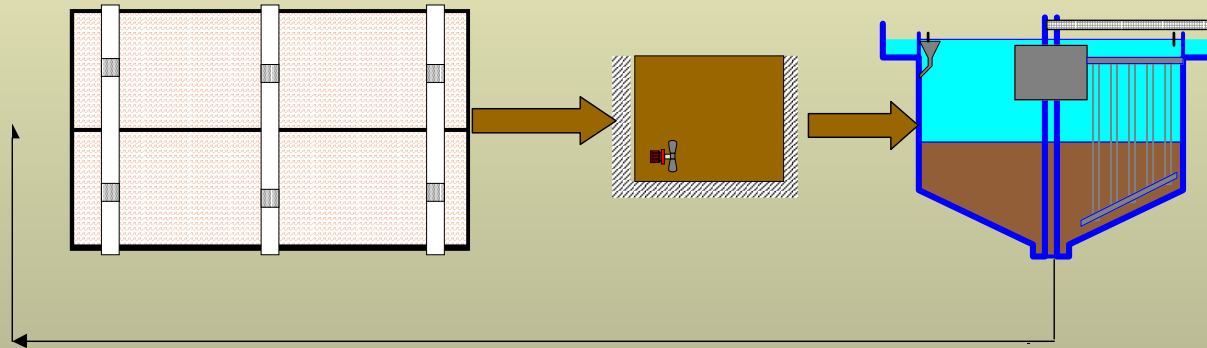
## DESNITRIFICACIÓN PRECONECTADA



- ELEVADA VELOCIDAD DE DESNITRIFICACIÓN
- BUEN RENDIMIENTO DE DESNITRIFICACIÓN
- TRH =  $Q + Q_r > 0,5$  HORAS

$$\eta = \frac{\frac{Q_r}{Q}}{\frac{Q_r}{Q} + 1} \times 100$$

## DESNITRIFICACIÓN POSTCONECTADA

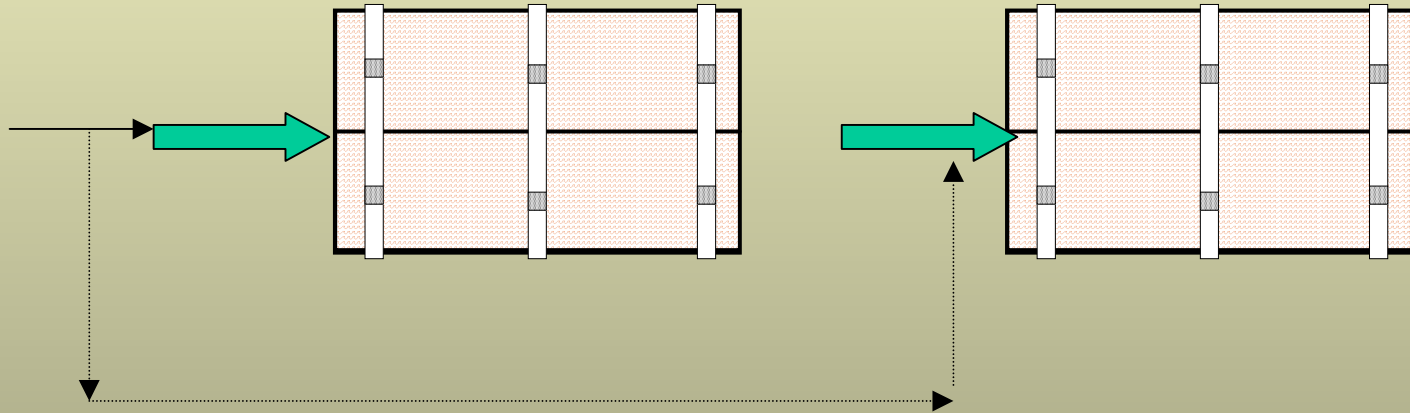


- BUENA DEGRADACIÓN DE PARTÍCULAS DIFÍCILMENTE BIODEGRADABLES
- EVITA FANGO FLOTANTE
- BAJA VELOCIDAD DE DESNITRIFICACIÓN POR TENER BAJA CONCENTRACIÓN DE MATERIA CARBONOSA: HAY QUE ADICIONAR METANOL QUE REQUIERE TRATAMIENTO POSTERIOR O BYPASSAR PARCIALMENTE EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO
- ELEVADO VOLUMEN DEL TANQUE DE AIREACIÓN

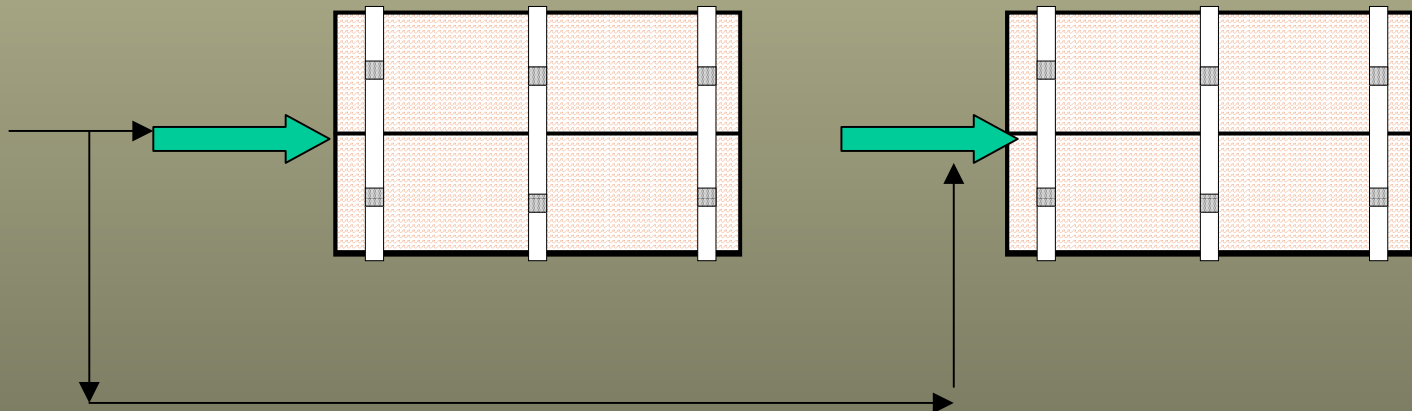


## DESNITRIFICACIÓN SIMULTÁNEA

**PROCESOS SBR:** dos reactores únicos donde las etapas del proceso se van sucediendo porque la alimentación es discontinua



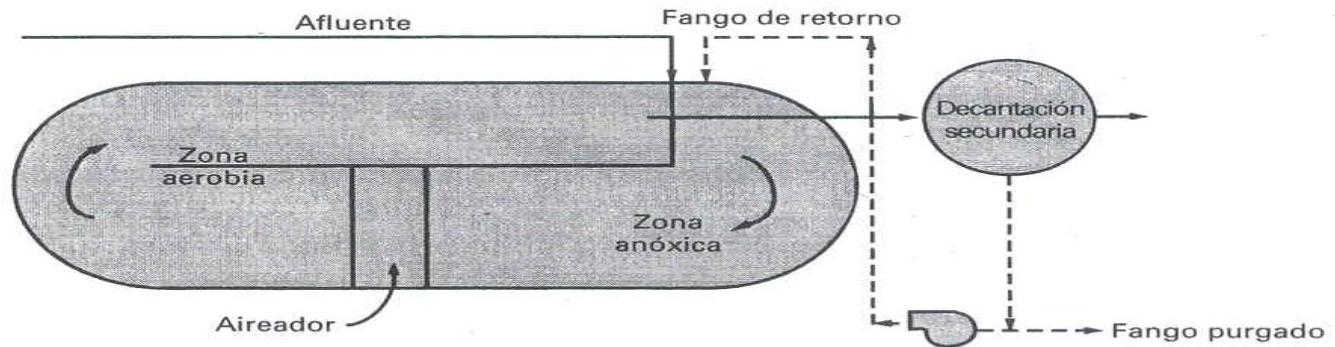
**PROCESOS BIODENITRO:** dos reactores de forma alternativa y en secuencia temporal



**PROCESOS TIPO CARRUSEL:** los gradientes de oxígeno disuelto son suaves debidos a la alta agitación del sistema. Se puede temporizar la agitación o la aireación

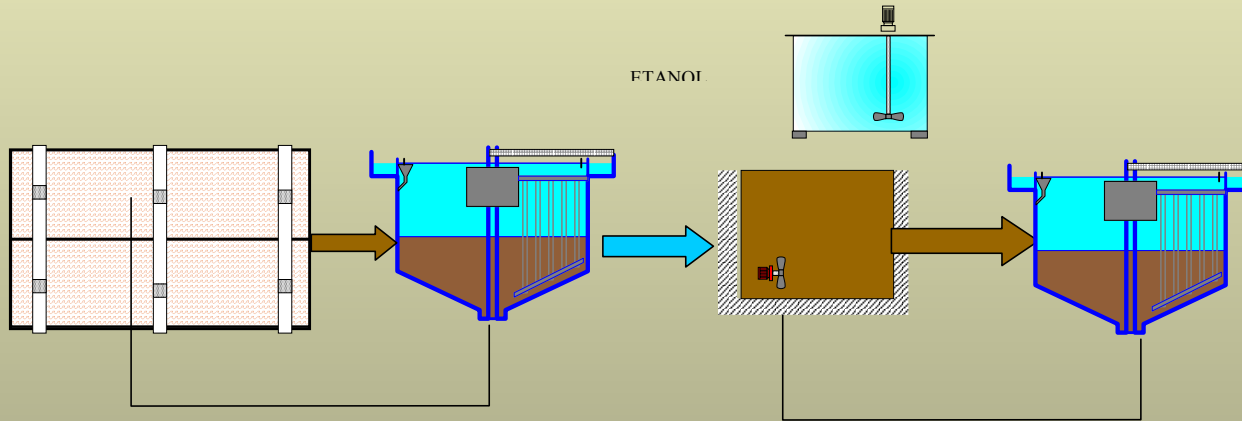


(a)



(b)

## PLANTAS EN VARIAS ETAPAS



- OXIDACIÓN DE LAS COMBINACIONES DE CARBONO
- NITRIFICACIÓN
- DESNITRIFICACIÓN

DEBE HABER UN DECANTADOR INTERMEDIO PARA ELIMINAR LA BIOCENOSIS Y UN DONADOR FINAL DE ELECTRONES

## 9. ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE FÓSFORO

### VENTAJAS:

- El fósforo es un nutriente que favorece la eutrofización del cauce por lo que su eliminación evita este efecto
- Mediante la eliminación biológica de fósforo se ahorra gasto de precipitantes, evita el crecimiento de la salinidad en el cauce y reduce la producción de fangos y su contenido en metales

### 6. FORMAS DEL FÓSFORO EN AR

- ORTOFOSFATOS: 15 – 35 %
- POLIFOSFATOS : 65 – 85 %
- FÓSFORO DECANTABLE: 5 – 15 %
- FÓSFORO SOLUBLE : 95 – 85%

		FUERTE	MEDIA	DÉBIL
FOSFORO TOTAL	mgP/l	13	8	4
P-PO4		10	6	3
P- orgánico		3	2	1

## **EFECTO DE DIVERSAS OPERACIONES Y PROCESOS DE TRATAMIENTO SOBRE LA ELIMINACIÓN DE FÓSFORO**

<b>Operación o Procesos de Tratamiento</b>	<b>Eliminación de fósforo (%)</b>
<b>Tratamiento Convencional</b>	
Primario	10-20
Fangos Activados	10-25
Filtros Bacterianos	8-12
CBR´s	8-12
<b>Eliminación biológica de fósforo (proceso independiente)</b>	70-90
<b>Eliminación química</b>	70-90
<b>Eliminación física</b>	
Filtración	20-50
Osmosis inversa	90-100
Adsorción sobre carbono	10-30

# **FUNDAMENTOS PARA LA ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE FÓSFORO**

**EN EL AGUA RESIDUAL LAS DIFERENTES FORMAS DE FÓSFORO SE DISOCIAN A ORTOFOSFATOS POR LOS MICROORGANISMOS**

**LA ELIMINACIÓN BIOLÓGICA SE PRODUCE POR INCORPORACIÓN DEL FÓSFORO A LA BIOMASA, LO QUE SE PUEDE REALIZAR DE TRES FORMAS DISTINTAS:**

- ASIMILACIÓN DE FÓSFORO MEDIANTE EL CRECIMIENTO CELULAR, POR TANTO SE ELIMINA CON LOS FANGOS EN EXCESO.**
- TOMA INCREMENTADA DE FÓSFORO PARA EL CRECIMIENTO CELULAR Y ALMACENAMIENTO COMO POLIFOSFATO.**
- POR CAMBIO EN LAS CONDICIONES (PH) QUE FAVOREZCAN LA PRECIPITACIÓN EN EL FLÓCULO.**

# FASES DE LA ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE FÓSFORO

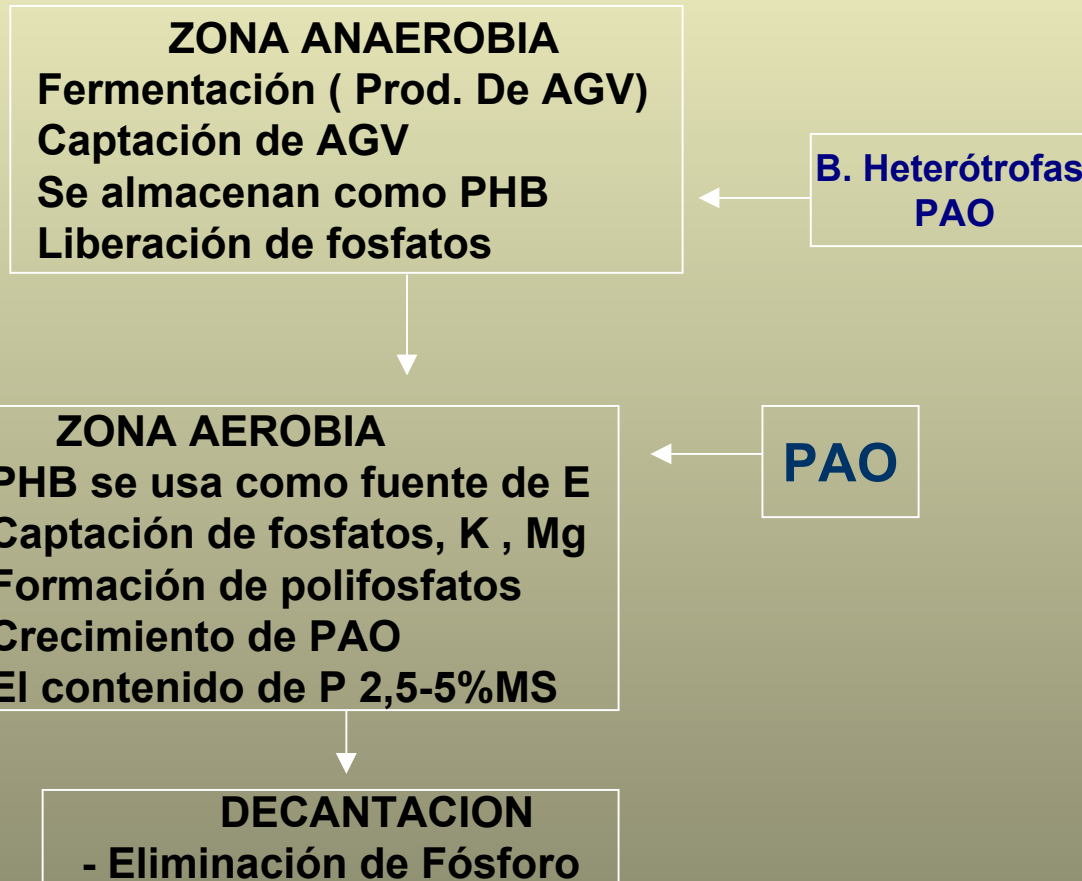
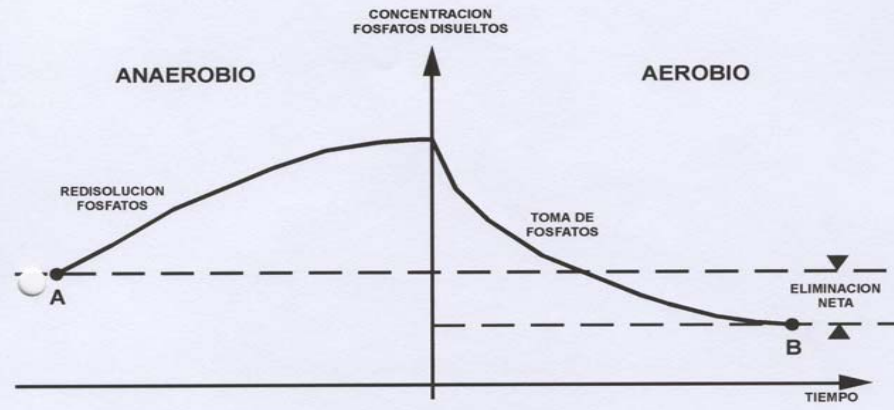
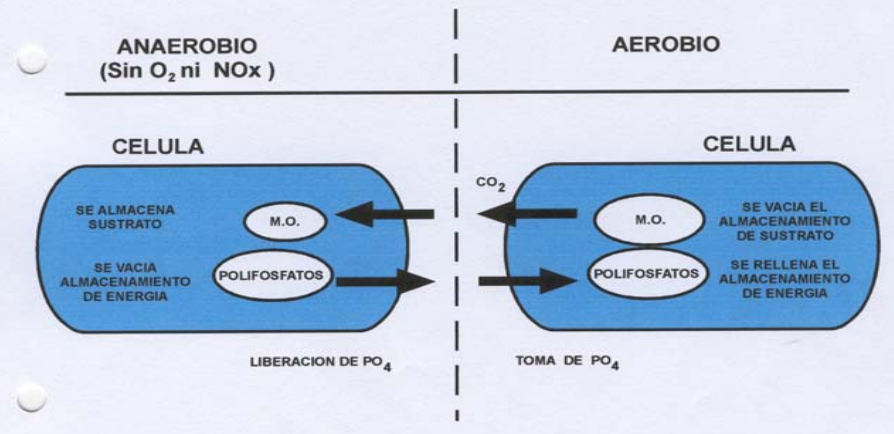


FIGURA - 5



ELIMINACION BIOLÓGICA DEL P.





## Factores que afectan a la defosfatación

- Temperatura

$$K_T = K_{20} \times \theta^{(T-20)}$$

- pH: Óptimo 7 - 8
- Oxígeno disuelto : 2 mg/l en zona óxica
- Concentración de Nitrato y oxígeno en zona anaerobia

1 gr de NO<sub>3</sub> consume 4,16 gr de DBO<sub>5r</sub>

1 gr de O<sub>2</sub> consume 1,6 gr de DBO<sub>5r</sub>

- Relación DBO<sub>5</sub>/NTK

Para eliminar 1 gr de fósforo se necesitan 7 – 9 gr DBO<sub>5r</sub>

- Sustrato fácilmente biodegradable: los ácidos orgánicos y alcoholes de cadena corta favorecen el crecimiento de bacterias acumuladoras
- Alta concentración de nitratos inhibe la formación de PAO
- Cuanto mayor sea la redisolución de fosfatos en la fase anaerobia, mayor es la toma en la fase aerobia

## MODELOS BIOQUÍMICOS

	GLUCOSA	ACETATO
<b>FASE ANAEROBIA</b>	FORMACIÓN DE GLUCÓGENO REDISOLUCIÓN DE FÓSFORO LIBERA 1 P	FORMACIÓN DE PHB REDISOLUCIÓN DE FÓSFORO 0,5 P
<b>FASE AEROBIA</b>	RUPTURA DE CLUCÓGENO TOMA DE 40 P	DEGRADACIÓN DE PHB TOMA DE 24 P

<b>SISTEMA P</b>	LOS POLIFOSFATOS SON LA PRINCIPAL FUENTE DE ENERGÍA
<b>SISTEMA Q</b>	EL GLUCÓGENO ES LA PRINCIPAL FUENTE DE ENERGÍA TOMAN ACETATO O PROPIONATO Y ACUMULAN PHA NO HAY REDISOLUCIÓN DE P SE PRODUCEN EN PERIODOS DE TIEMPO DE RETENCIÓN MUY ELEVADOS CAMBIOS DEL EFLUENTE EN MATERIA ORGÁNICA BAJA CONCENTRACIÓN DE AMINOÁCIDOS Y PROTEÍNAS ALTA CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES

# FACTORES QUE LIMITAN U OPTIMIZAN LA ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE FÓSFORO

LIMITAN	OPTIMIZAN
BAJA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS	PREACIDIFICACIÓN DEL AGUA RESIDUAL O DEL FANGO 1°
BAJO TRH EN LA ETAPA ANAEROBIA	AUMENTAR EL TRH EN LA ETAPA ANAEROBIA
INCORPORACIÓN A LA ETAPA ANAEROBIA DE O <sub>2</sub> Y NO <sub>3</sub>	CREACIÓN DE ZONA ESTRICTAMENTE ANAEROBIA EVITANDO LA ENTRADA DE O <sub>2</sub> Y NO <sub>3</sub> , POR EJEMPLO EN RECIRCULACIÓN
CARGAS DE FÓSFORO VARIABLES Y NO ACOMPASADAS CON LA CARGA ORGÁNICA	ACOMODAR LA CARGA DE FÓSFOR Y MATERIA ORGÁNICA FÁCILMENTE BIODEGRADABLE
REDISOLUCIÓN DE FÓSFORO EN DECANTACIÓN 2 <sup>a</sup>	AUMENTAR EL OXÍGENO DISUELTO A LA SALIDA DEL REACTOR BIOLÓGICO O AUMENTAR LA RECIRCULACIÓN
FUGA DE SÓLIDOS EN DECANTACIÓN 2 <sup>a</sup>	MEJORA DEL PROCESO Y FILTRACIÓN
REDISOLUCIÓN DE FÓSFORO EN LÍNEA DE FANGOS	ESPESAR POR SEPARADO LOS FANGOS EN EXCESO Y TRATAR CON CAL LOS SOBRENADANTES

## **10. DIMENSIONAMIENTO DE ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE FÓSFORO**

### **1. CRITERIO ALEMÁN**

**CRITERIO 1º: elegir un volumen que sea proporcional al volumen global de las zonas anóxica y aerobia que varía del 25% en condiciones favorables, al 35% en condiciones desfavorables.**

$$V_{AN} = (0,25a0,35) \times (V_N + V_{ANOX})m^3$$

**CRITERIO 2º: elegir un tiempo de contacto que sea proporcional al caudal punta de tiempo seco más la recirculación, que varía de 0,75 h en condiciones favorables a 2 h en condiciones desfavorables.**

$$V_{AN} = (0,75a2h) \times (Q_p + Q_r)m^3$$

**CRITERIO 3º: elegir una cierta cantidad de fango sometido a condiciones anaerobias, variando del 15% en condiciones favorables al 25% en condiciones desfavorables.**

$$V_{AN} = (0,15a0,25) \times (SST_{RTOTAL})m^3$$

## 1. 2. DIMENSIONAMIENTO SEGÚN MEIER

Supone un tiempo de contacto en tiempo seco de 1 hora, referido a caudal punta más recirculación desde el decantador secundario, en condiciones favorables, y de dos horas en condiciones desfavorables.

En el dimensionamiento tiene en cuenta la materia orgánica fácilmente biodegradable (a) y los nitratos en recirculación (N-NO<sub>3</sub>)<sub>s</sub>.

En primer lugar se fija un tiempo de retención (con Q<sub>p</sub>+Q<sub>R</sub>), por ejemplo 1 hora, y se calcula el porcentaje que supone del volumen total de reactor (f<sub>xa</sub>).

$$P_F = \frac{DBO_5 \times a - (N - NO_3)_S \times 2,9 \times R_E}{1 + R_E} \times f_{xa}$$

Conociendo P<sub>F</sub> se determina el fósforo eliminado

$$\Delta P_{TOTAL} = 1,55 \times e^{0,20388 P_F}$$

Determinado el fósforo eliminado se comprueba la concentración de salida y si es superior a la esperada se incrementa el tiempo de retención y se procede nuevamente a calcular.

## 11. ELIMINACIÓN QUÍMICA DEL FÓSFORO

- PRECIPITACIÓN DIRECTA
- PREPRECIPITACIÓN
- COPRECIPITACIÓN
- POSTPRECIPITACIÓN

RELACIÓN ESTEQUIOMÉTRICA:  $1,5 \text{ mol Me}^{3+}/\text{molP}$

$2,7 \text{ kg Fe/kgP} \Rightarrow 14 \text{ mg/l Cl}_3\text{Fe}/3 \text{ mg/l PO}_4$

$1,3 \text{ kg Al/kgP}$

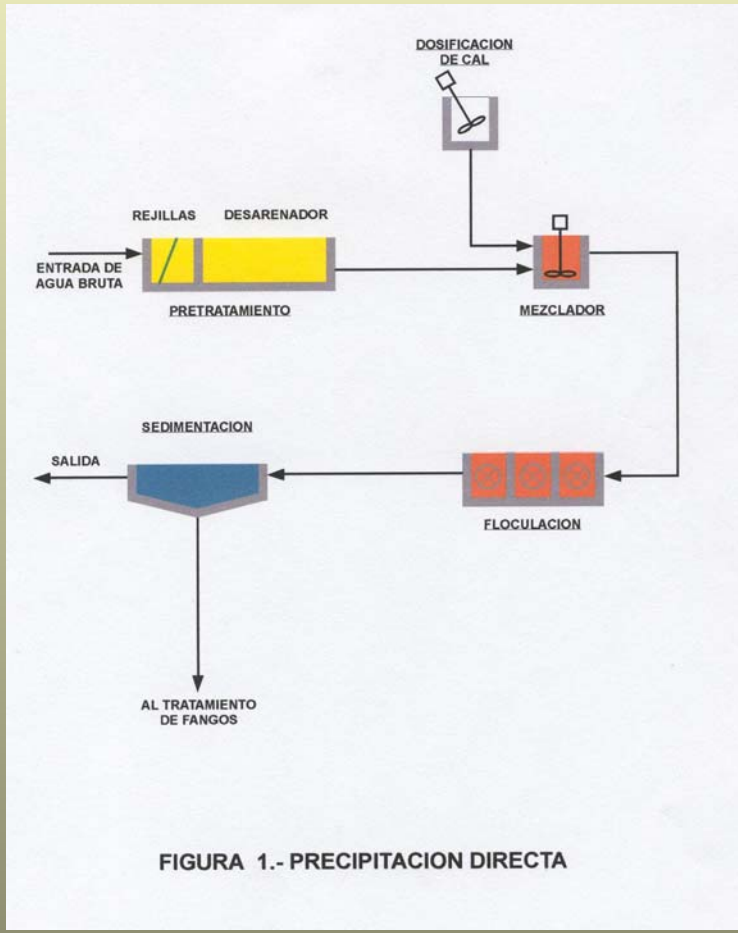


FIGURA 1.- PRECIPITACION DIRECTA

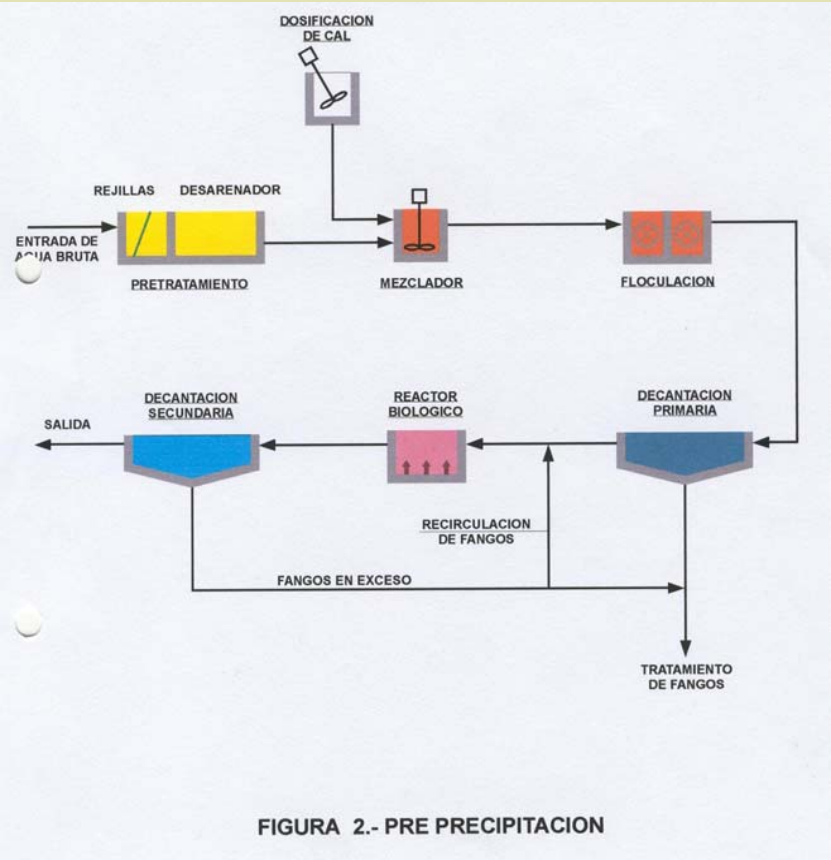
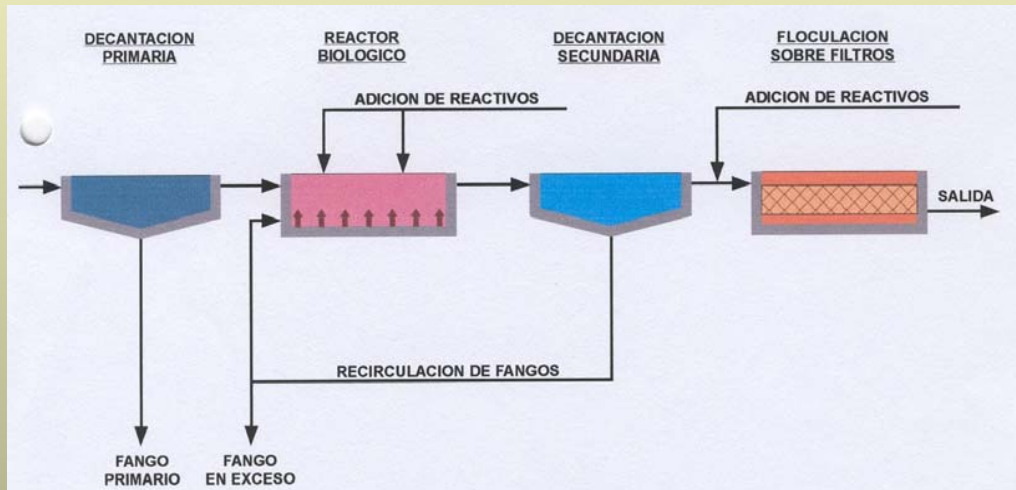
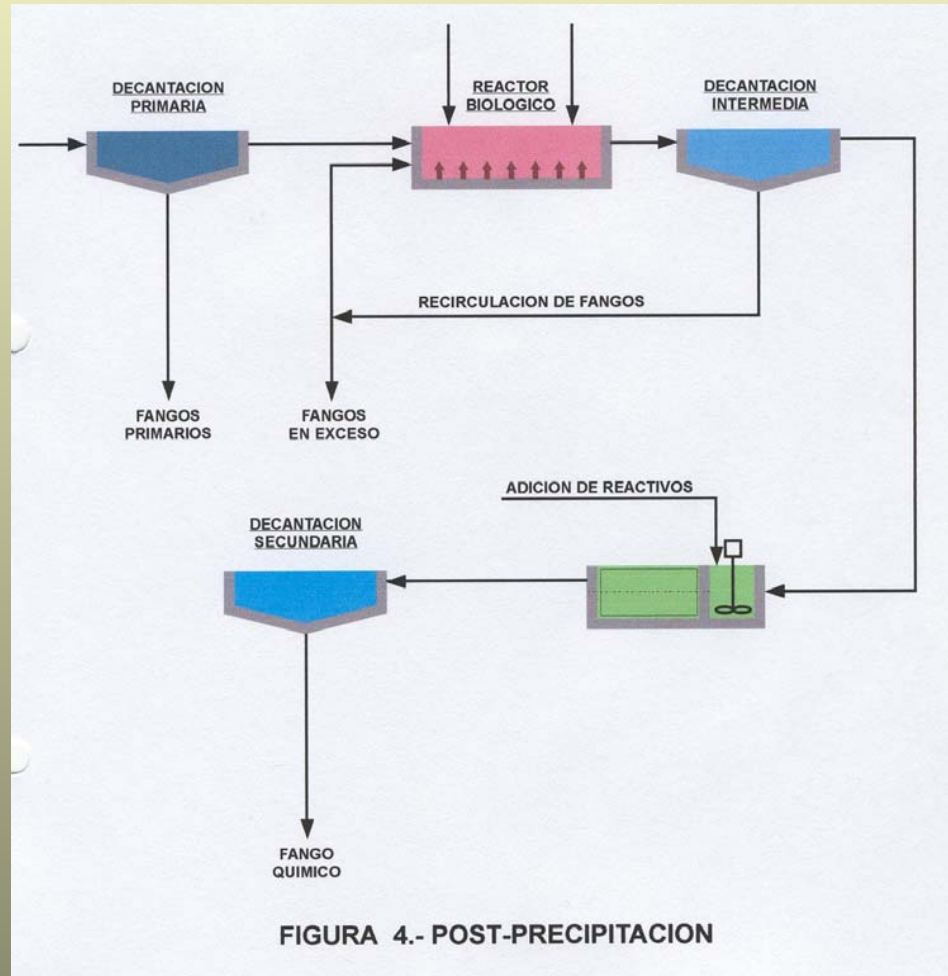


FIGURA 2.- PRE PRECIPITACION





**FIGURA 3.- PRECIPITACION SIMULTANEA Y FLOCULACION SOBRE FILTROS**



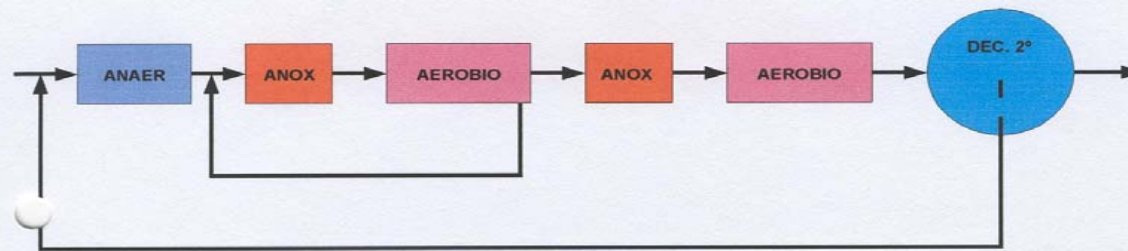


FIGURA 6.- PROCESO BARDENPHO

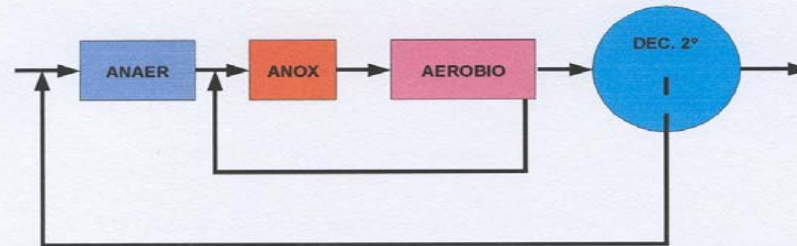


FIGURA 7.- PROCESO PHOREDOX

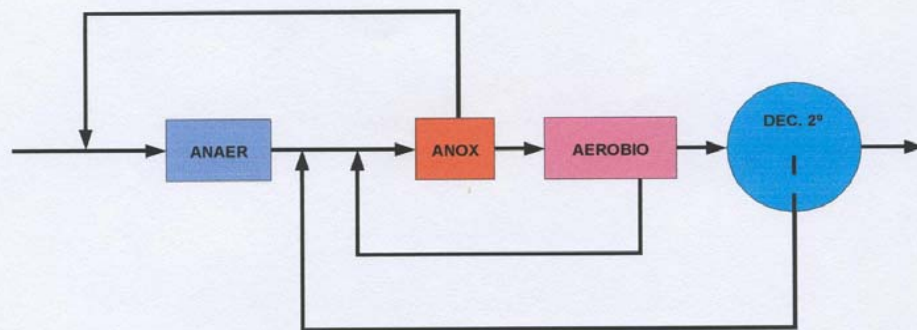


FIGURA 8.- PROCESO UCT

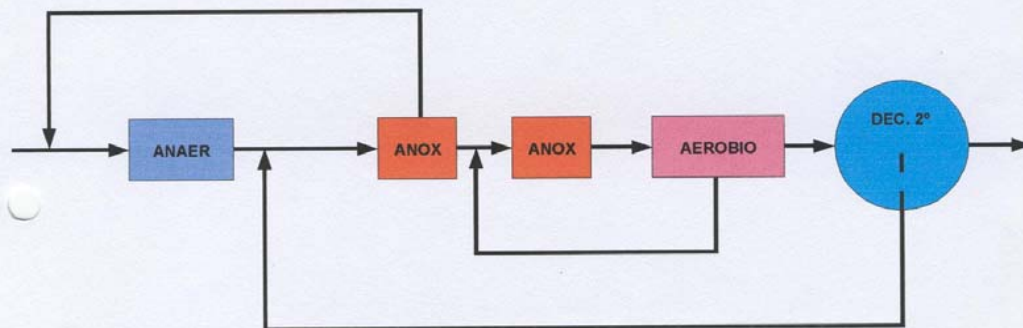


FIGURA 9.- PROCESO UCT MODIFICADO

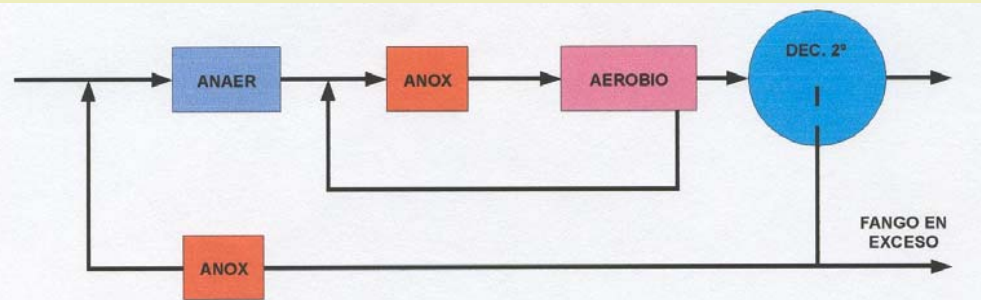


FIGURA 10.- PROCESO JHB

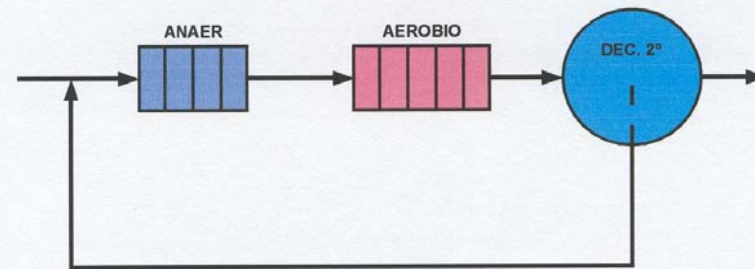


FIGURA 11.- PROCESO A/O

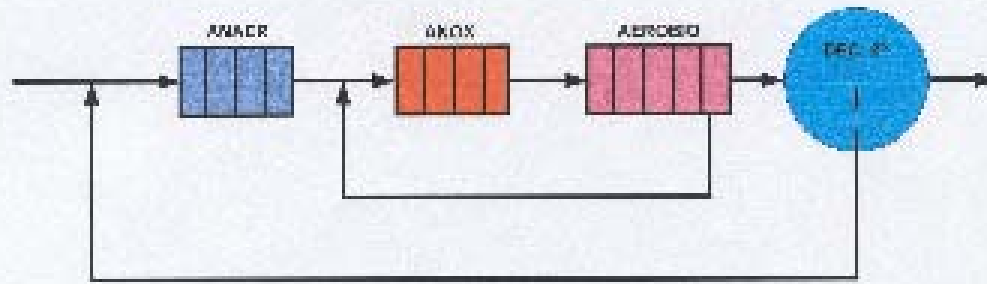


FIGURA 12.- PROCESO A2 / O

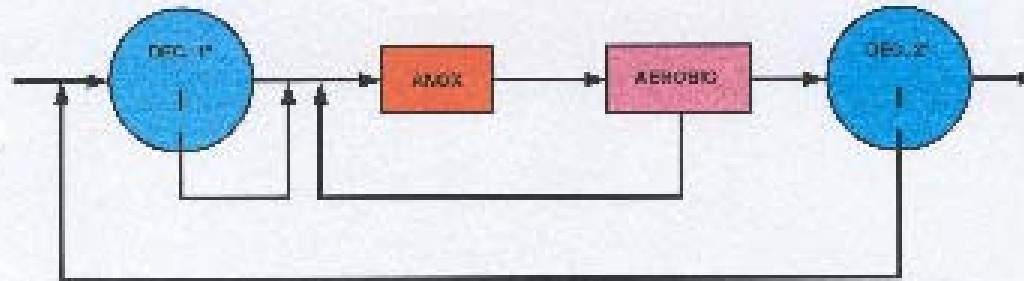


FIGURA 13.- EXTENDED ANAEROBIC SLUDGE CONTACT (EASC )

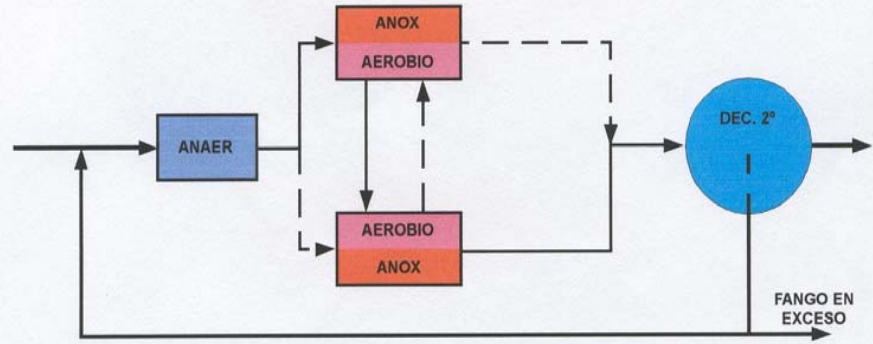


FIGURA 14.- PROCESO BODENIPHO

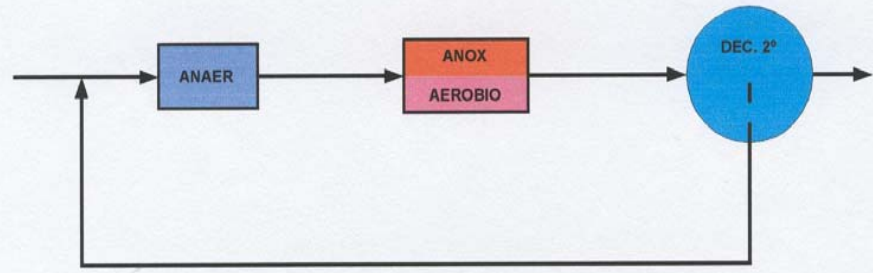


FIGURA 15.- PROCESO SIMULTANEO

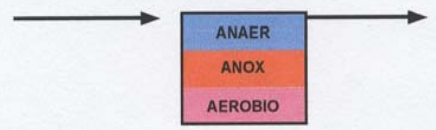
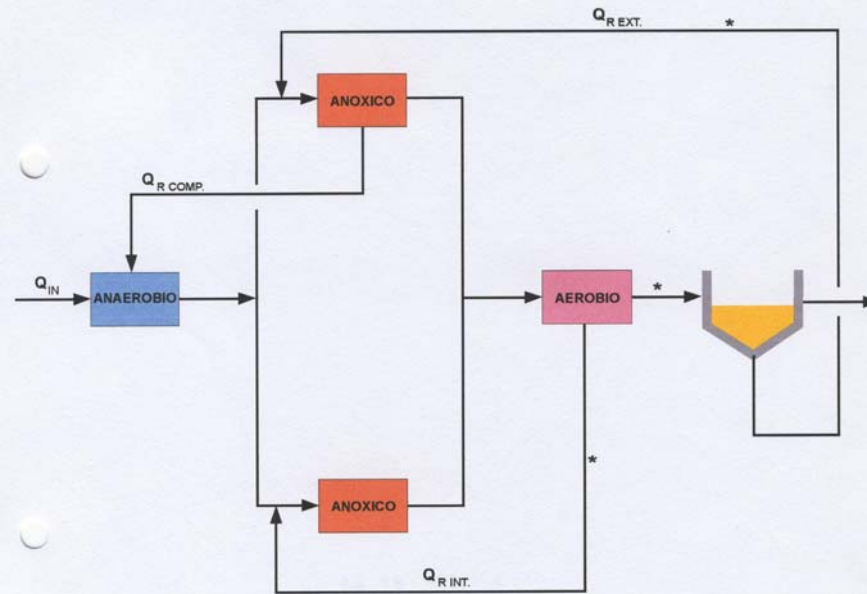


FIGURA 16.- SEQUENCING -BATCH- REACTOR ( SBR )

## ELIMINACION BIOLÓGICA DE NITROGENO Y FOSFORO



(\*) CORRIENTE CON NITRATOS

FIGURA 17.- PROCESO INFILCO



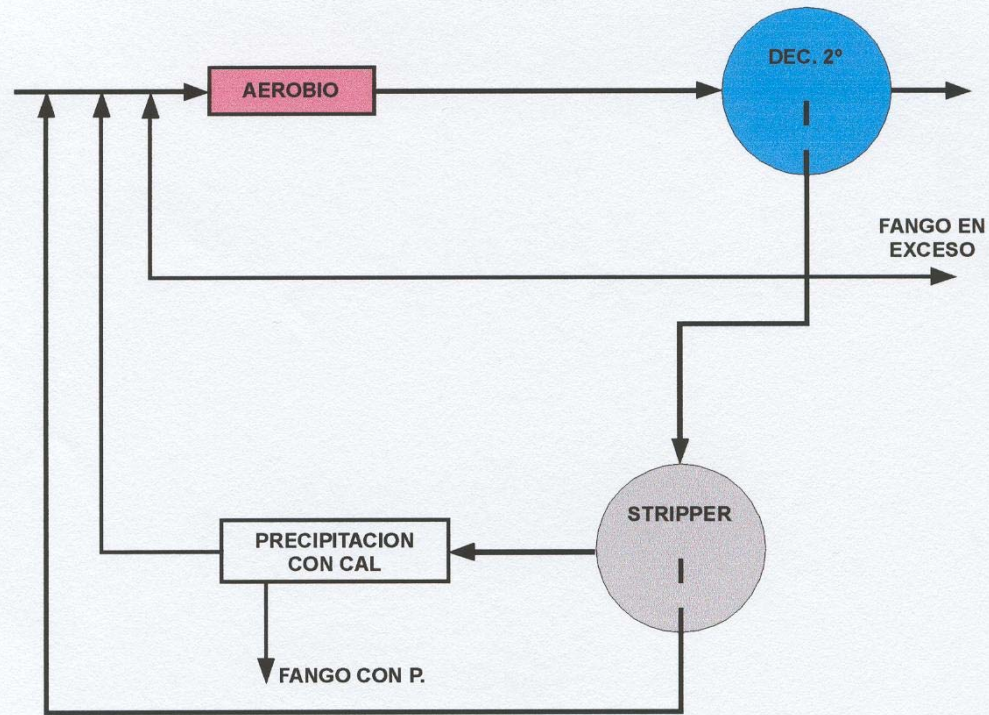


FIGURA 18.- PROCESO PHOSTRIP

# ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE NUTRIENTES

GESTIÓN DE CUENCAS FLUVIALES  
Y TRATAMIENTO DE AGUAS