

Respirometría BM
en los
procesos de fangos activos

(básico)

SURCIS S.L.

Reactivos y accesorios

SURCIS S.L

Reactivos para la respirometría BM

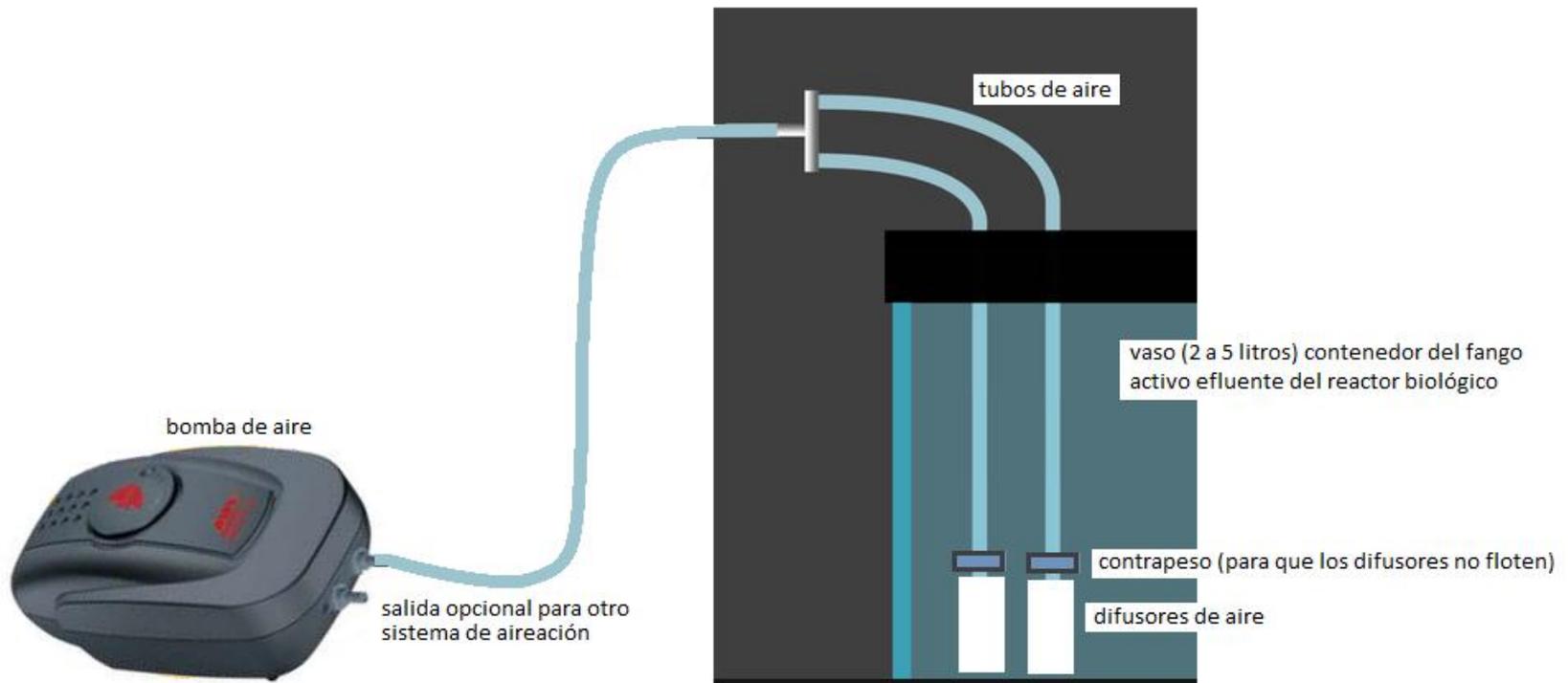
La respirometría BM puede necesitar algunos reactivos para la realización de algunas aplicaciones y calibraciones.

Reactivo	Aplicaciones	Comentarios
Acetato sódico	Estándar orgánico de referencia Determinación del coeficiente de crecimiento de la biomasa heterótrofa (Y_H)	Pueden haber otras aplicaciones.
Sulfato de Zinc	Floculación del agua residual, como primer paso para conseguir una muestra realmente soluble (el 2º paso sería la filtración a $0.45 \mu\text{m}$) para la determinación de la DQO rápidamente biodegradable (DQOrb)	Cuando el agua residual proviene de la salida de una primera decantación con un elevado grado de decantabilidad, muchas veces no es necesaria la utilización del sulfato de zinc.
Alil Tiourea (ATU)	Inhibición de la nitrificación	Solo es necesario cuando hay nitrificación.
Cloruro de amonio	Estándar de nitrógeno amoniacal en ensayos de nitrificación [$1 \text{ mg NH}_4\text{Cl} = 0.26 \text{ mg NH}_4\text{-N}$]	Solo es necesario cuando hay nitrificación .
Sulfito sódico	Estándar para la calibración del modo R.	Esta calibración ya se realiza en fábrica (Surcis), y no será necesaria hasta pasados varios meses (normalmente: 6 – 8 meses) Seguir el procedimiento del Manual de funcionamiento.
Cloruro de cobalto	Catalizador para el ensayo realizado con el sulfito sódico en la calibración del modo R.	Seguir el procedimiento del Manual de funcionamiento.

Aireador para pasar el fango activo a respiración endógena

Varios ensayos de respirometría necesitan el fango activo en fase de respiración endógena (sin sustrato pendiente de depurar) y para ello es necesario airear el fango activo más descargado del reactor (fango efluente o final del reactor) durante el tiempo necesario para ello (normalmente se deja el fango aireándose de un día para otro)

El sistema de aireación puede ser perfectamente el normalmente utilizado en acuarios domésticos .

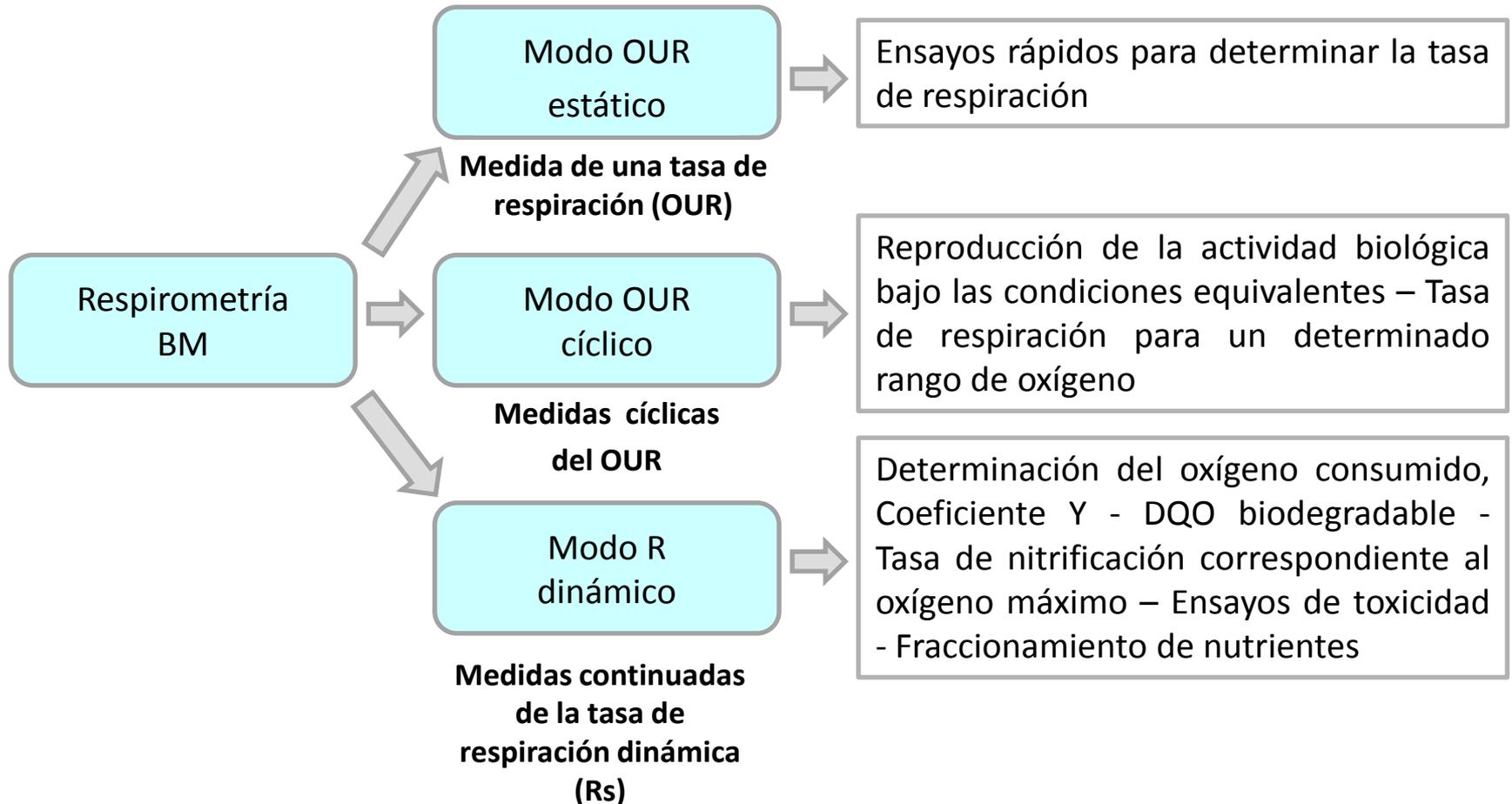


Respirómetría BM

SURCIS S.L

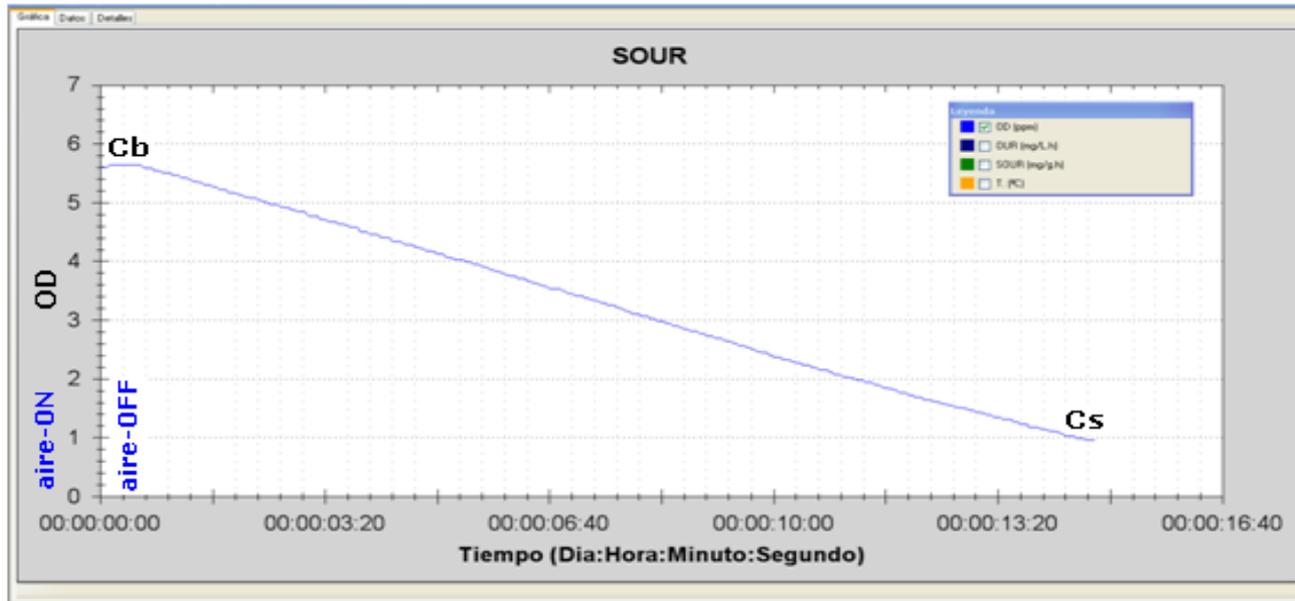
Modos de trabajo de la Respirometría BM?

La respirometría BM opera bajo un potente software que le permite operar con diferentes tipos de modos de trabajo.



Medidas en OUR estático

Desde el licor mezcla del reactor biológico se determinan los parámetros OUR & SOUR en el tiempo y sección que hayamos seleccionado en el Respirograma.



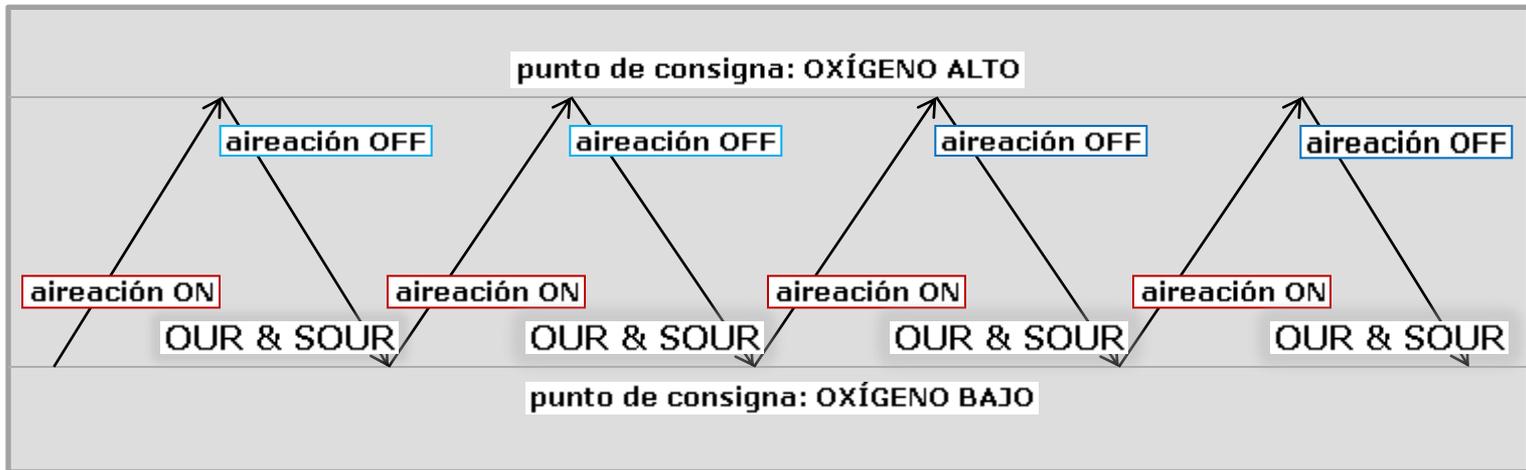
Respirograma del oxígeno disuelto

Descripción	Parámetro
Tasa de respiración total estática (mg /l.h)	$OUR = (C_b - C_s) / t$
OUR específico (mg /g VSS.h)	$SOUR = OUR / VSS$

Modo OUR cíclico (I)

En este modo, el analizador lleva a cabo un respirograma dentro de la ventana de trabajo establecida por dos puntos de consigna en el oxímetro, determinando de forma automática y secuencial una serie continuada de medidas **OUR & SOUR**.

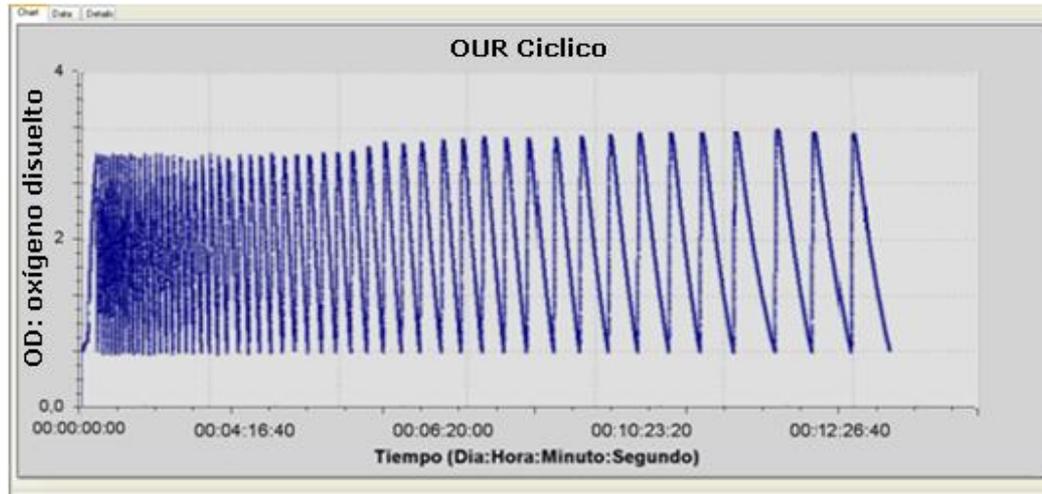
OD (ppm)



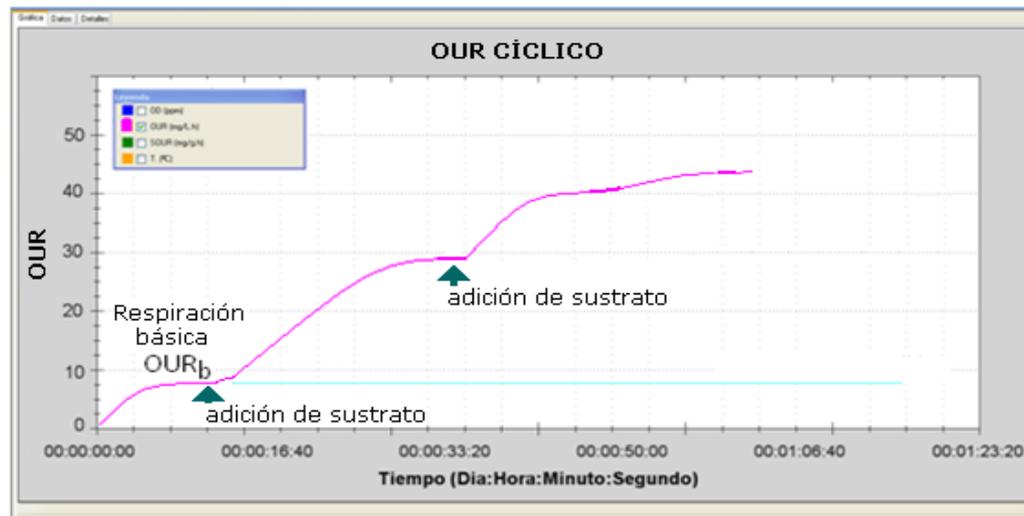
Trayectoria del oxígeno modo cíclico

Tiempo

Modo OUR cíclico (II)



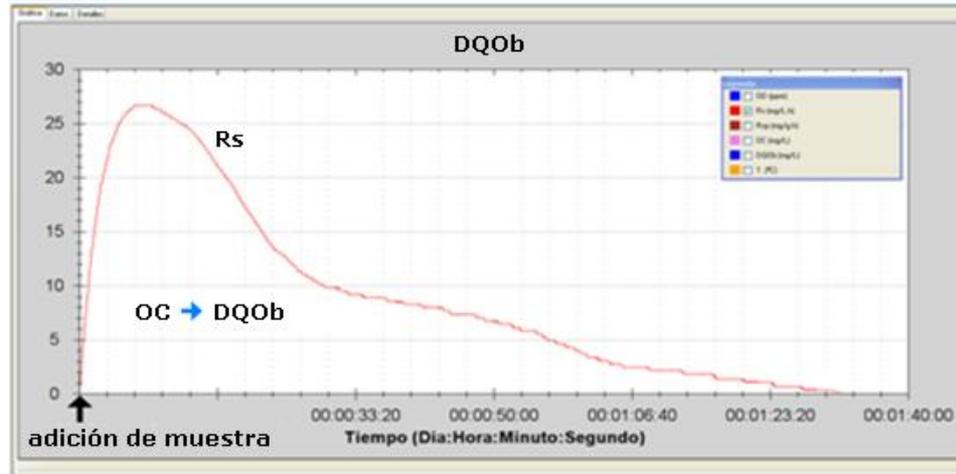
Respirograma del oxígeno disuelto



Respirograma del OUR

Medidas en R dinámico

El programa genera un respirograma formado por medidas de **Rs** para, por integración de medidas, ir calculando **OC** y **DQOb**.



Respirograma Rs

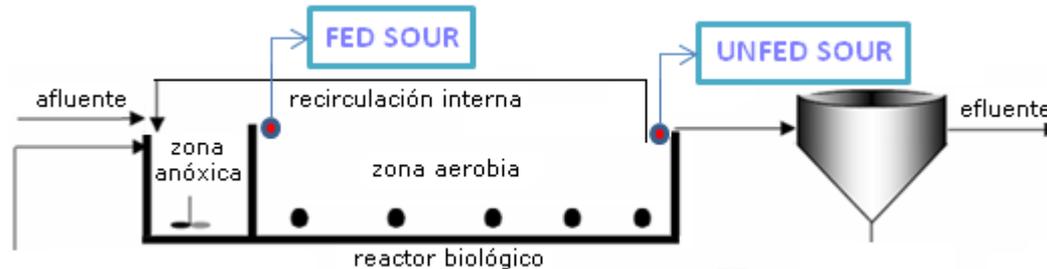
Descripción	Parámetro
Tasa de respiración dinámica (mg/l.h)	$R_s = f (C_b - C_s)$
Oxígeno consumido acumulado (mg/l)	$OC = \int R_s dt$
Fracción rápidamente o biodegradable total de la DQO (mg/l)	$DQOb = OC / (1 - Y_H)$
Tasa de utilización de la DQO (mg DQO/l.h)	$U = DQO/t$
Tasa específica de utilización de la DQO (mg DQO/mgVSS.d)	$q = 24 * U / VSS$

Valoración primaria del proceso y salud del fango activo

SURCIS S.L

Valoración rápida de la eficiencia del proceso

Esta valoración se lleva a cabo mediante dos SOUR tests: uno con fango del inicio (FED SOUR) y otro con fango del final del proceso (UNFED SOUR)



Factor de Carga (FC) es la relación entre FED SOUR y UNFED SOUR.

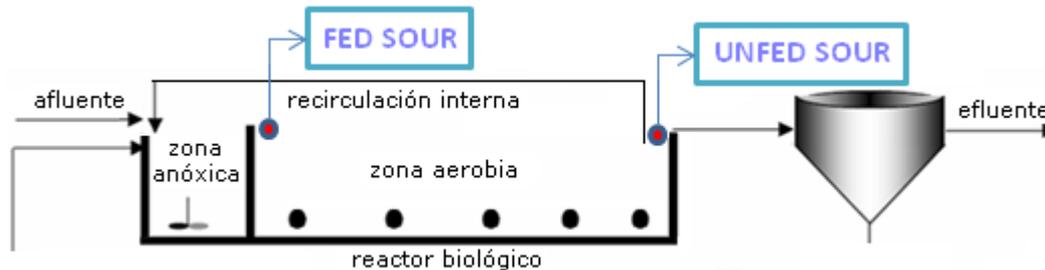
$$FC = \text{FED SOUR} / \text{UNFED SOUR}$$

FC	Diagnóstico
$FC \geq 1$	Carga inhibitoria o tóxica
$1 < CF < 2$	Bajo rendimiento o muy baja carga
$2 < FC < 5$	Carga normal
$FC > 5$	Sobrecarga

Pulso al proceso: UNFED SOUR

Para ello, se colecta fango fresco del efluente del reactor biológico, desde un mismo punto de muestreo y a la misma hora, y se realiza un test SOUR.

También se puede confeccionar un licor-mixto con una muestra compuesta de efluente y fango de recirculación en proporción equivalente.



Valoración	UNFED SOUR actual vs. referencia	UNFED SOUR Referencia (mgO ₂ /g.h)	Carga Másica F/M (DBO/SS.d)	TRC (d)
Sobrecarga	>> referencia	6 - 18	> 0.4	2 - 4
Buen rendimiento	En rango	4 - 15	0.2 < F/M < 0.4	4 - 10
Buen rendimiento Baja carga	< referencia	3 - 12	0.07 < F/M < 0.2	10 - 30
Muy baja carga Síntoma de toxicidad	<< referencia	2 - 6	< 0.7	10 - 35

COMPARACIÓN

Fraccionamiento de la DQO del afluente al reactor biológico

SURCIS S.L

¿Para que sirve el fraccionamiento de la DQO en un proceso de fangos activos ?

1. Para calcular la biodegradabilidad específica a ese proceso:

$$\text{Biodegradabilidad DQOb (\%)} = 100 * \text{DQOb} / \text{DQO}$$

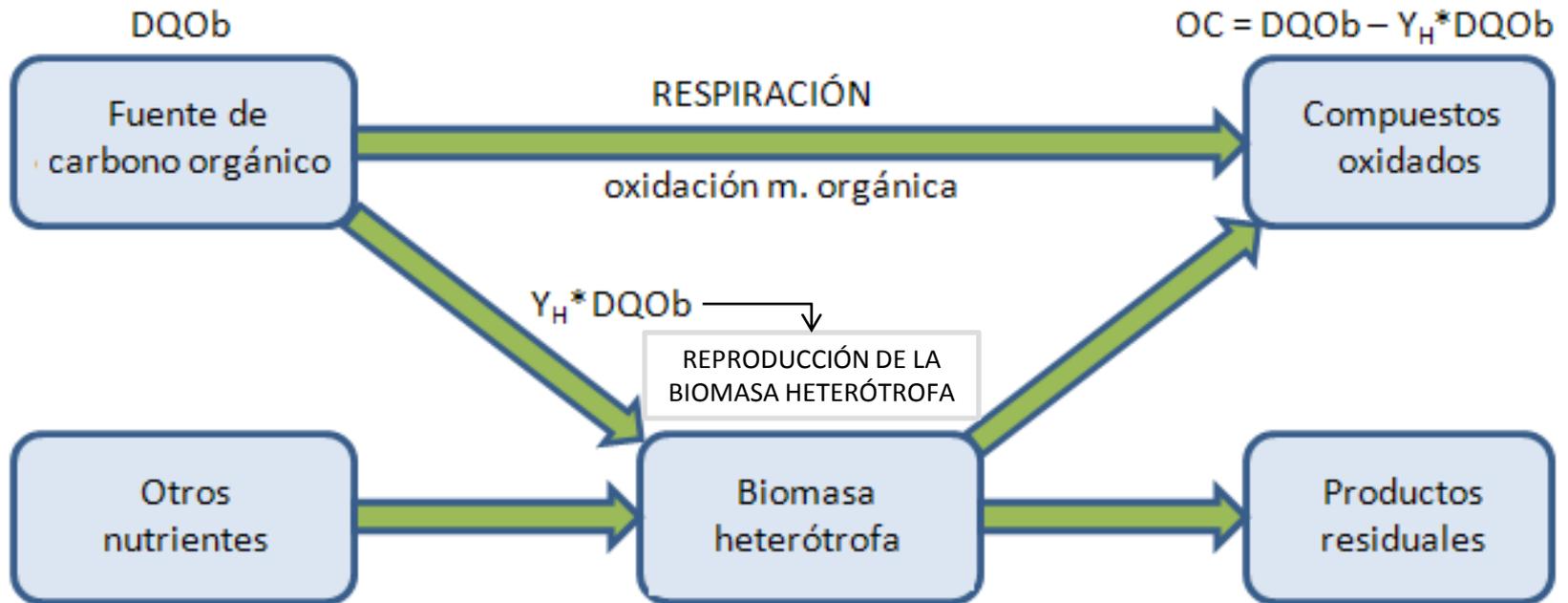
$$\text{Biodegradabilidad DQOrb (\%)} = 100 * \text{DQOrb} / \text{DQO}$$

2. Para calcular la fracción DQO inerte (refractaria, no degradable) y ver si existe una bajo rendimiento de la DQO como consecuencia de un valor alto de la DQO inerte (DQOi)

2. Para calcular la fracción DQO lentamente biodegradable (DQOlb) y ver si existe una bajo rendimiento de la DQO como consecuencia de un valor alto de esta fracción.

Un valor elevado de DQOlb también implica un valor excesivamente bajo de la DQOrb, que puede representar un desequilibrio en el alimento fácilmente asimilable por los microorganismos.

Coeficiente de rendimiento de biomasa heterótrofa (Y_H) (I)

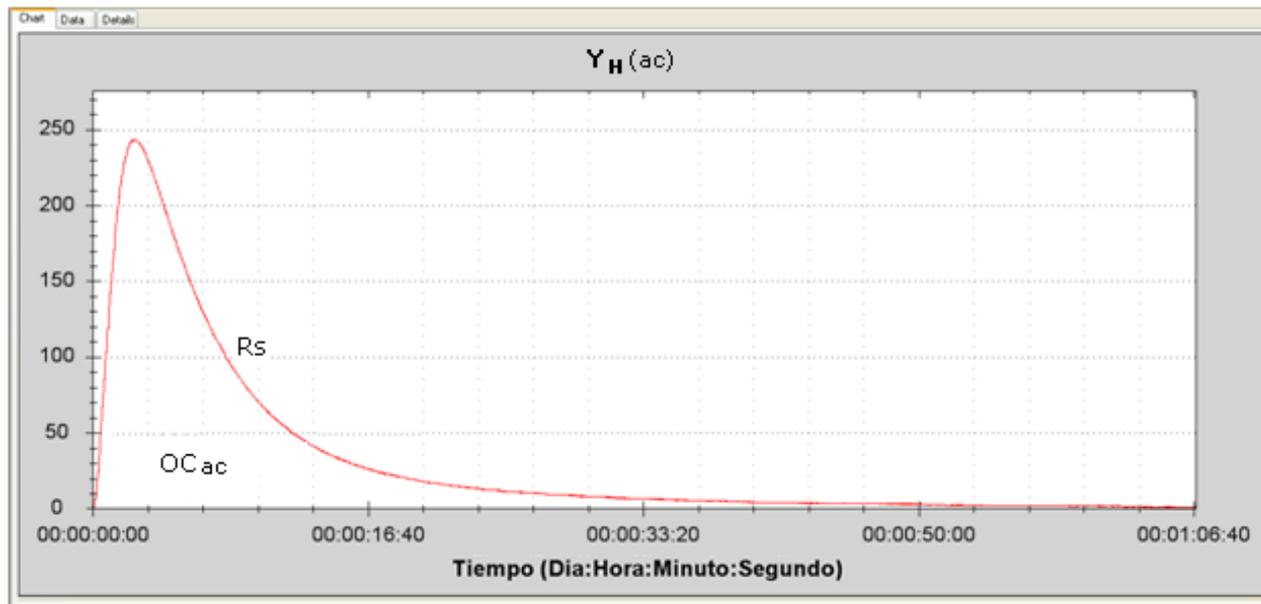


$$Y_{H.02} (OC/DQO) = 1 - OC / DQO_{ac}$$

DQO_{ac} : DQO del acetato sódico añadido

Coeficiente de rendimiento de biomasa heterótrofa (Y_H) (II)

Se hace uso de una solución estándar de acetato sódico de DQO conocida (DQO_{ac}) y se determina el oxígeno consumido (OC) correspondiente a la remoción del mismo por el fango activo.



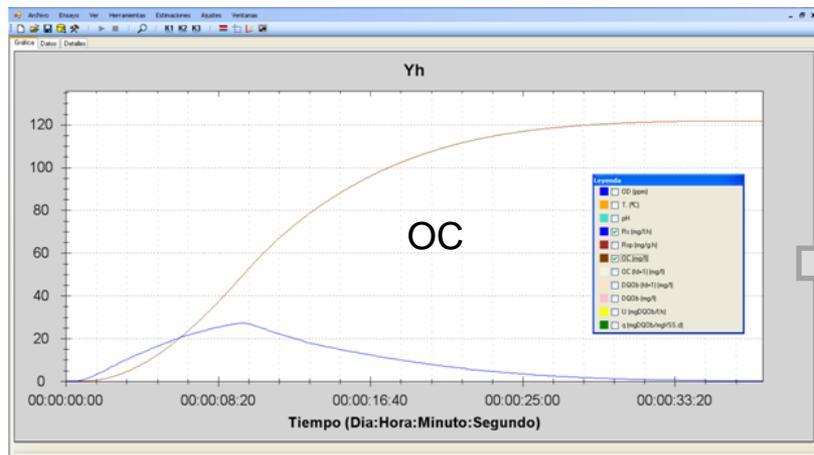
Respirograma

$$Y_{H.02} (OC/DQO) = 1 - OC / DQO_{ac}$$

DQO_{ac} : DQO del acetato sódico añadido

Pulso al proceso: Y_H

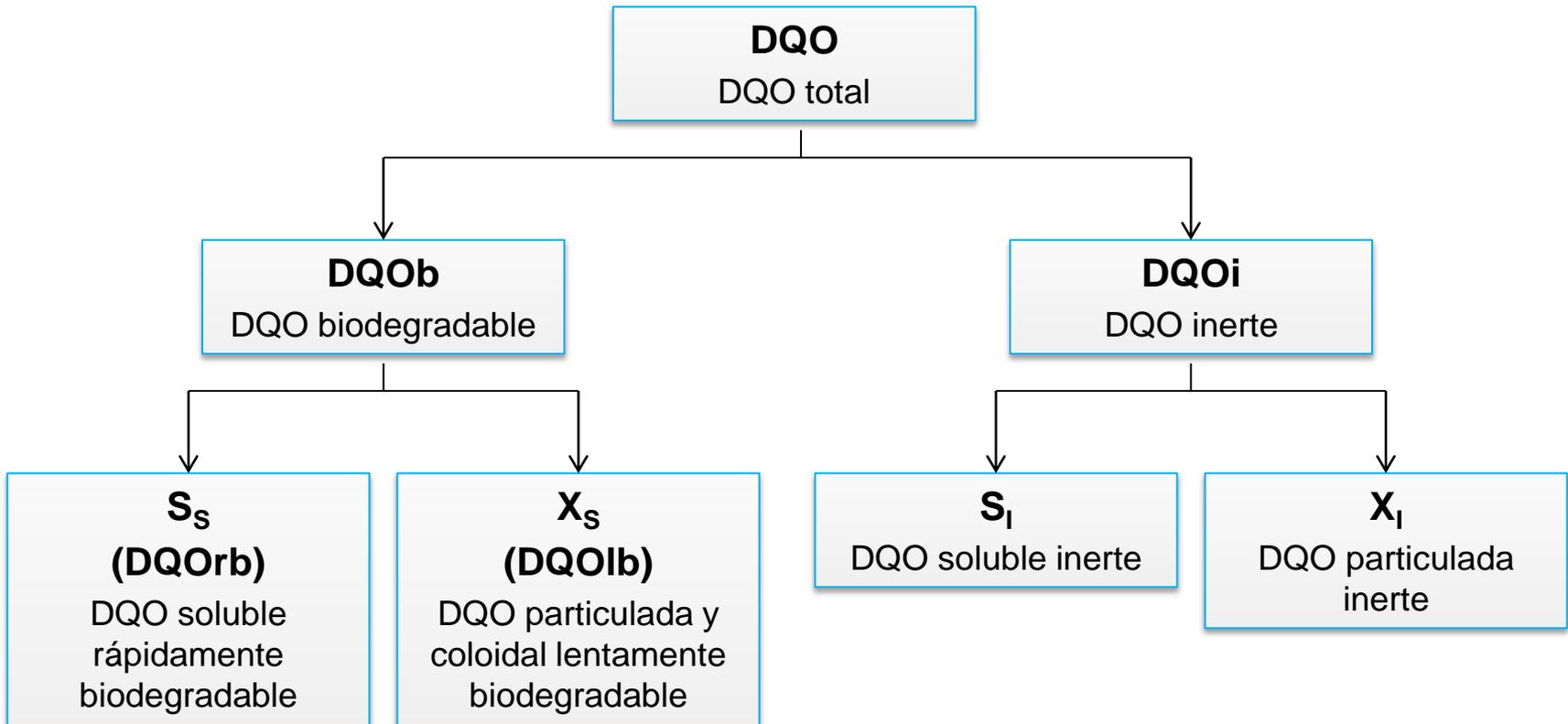
La determinación de la Y_H por respirometría, además de formar parte del cálculo de la DQOb, complementa la toma del pulso al proceso valorando la salud de la biomasa heterótrofa.



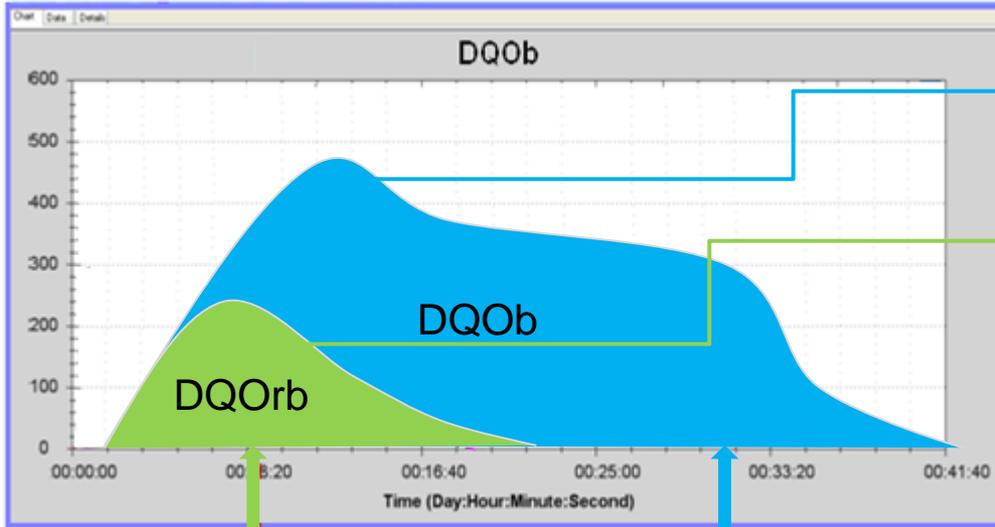
$$Y_{H,O_2} = 1 - OC / DQO_{ac}$$

Y_{H,O_2}	Valoración
$Y_H > 0.8$	Elevado % de DQOrb Elevada producción de fango
En rango	Crecimiento normal
$0.4 < Y_H < 0.6$	Elevado % de DQOIb Baja biodegradabilidad del agua residual Bajo crecimiento por falta de DQO soluble
$Y_H < 0.4$	Muy bajo crecimiento Posible inhibición / toxicidad

Fraccionamiento de la DQO (I)



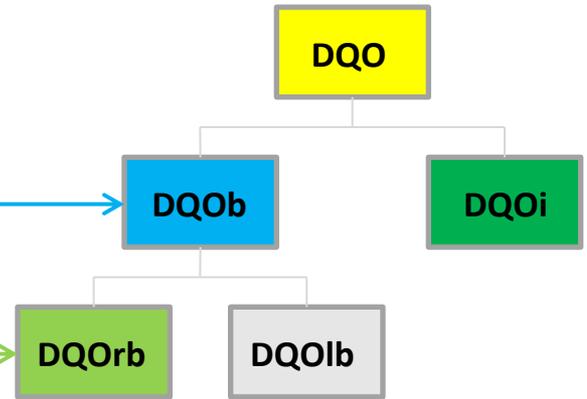
Fraccionamiento de la DQO (II)



fango activo
(endógeno)
+
agua r. filtrada

fango activo
(endógeno)
+
agua r. sin filtrar

Ensayos R de Respirometría



DQOb: DQO biodegradable total

DQOi: DQP inerte (refractaria)

DQOrb: DQO rápidamente biodegradable

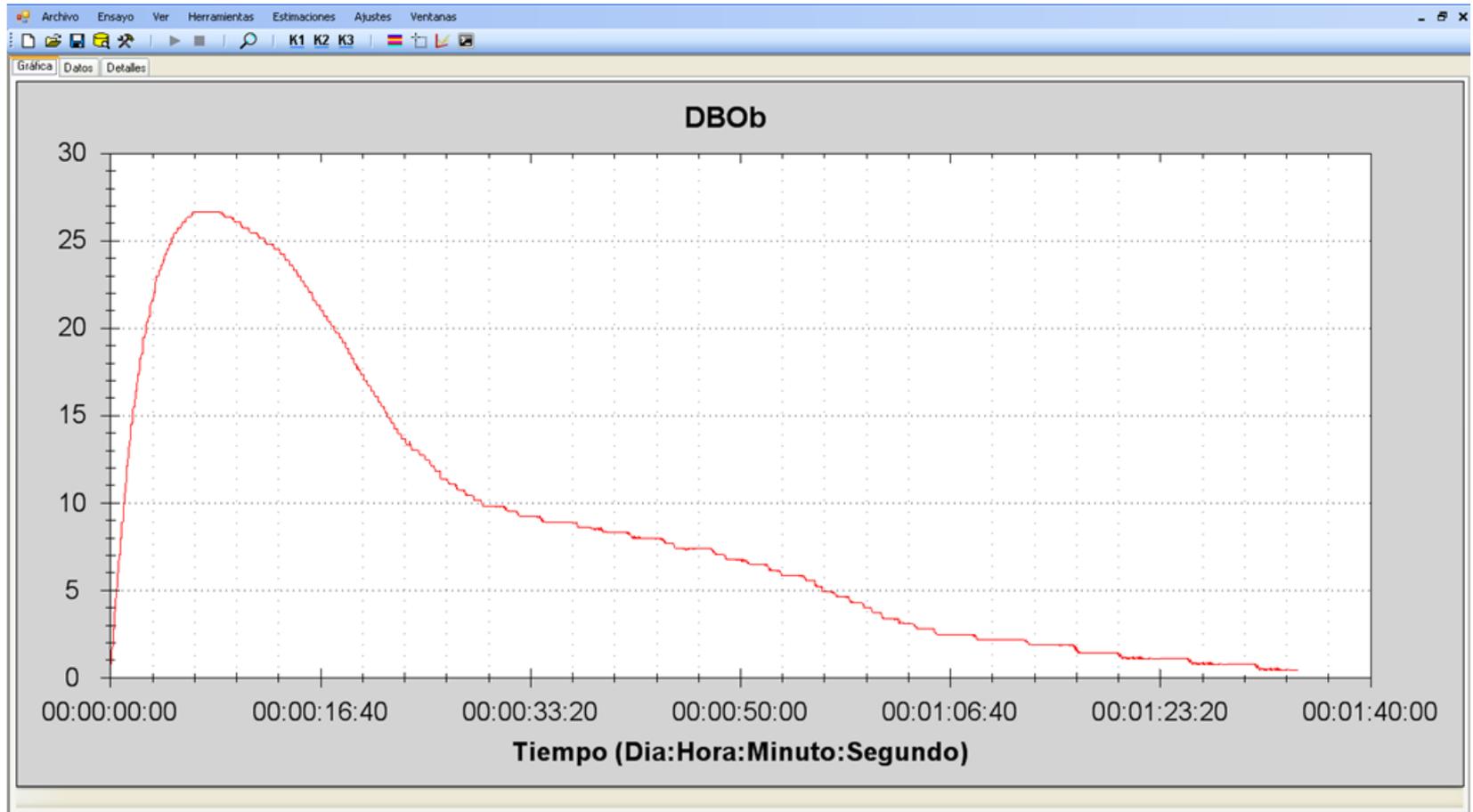
DQOlb: DQO lentamente biodegradable

$$\text{DQO} - \text{DQOb} = \text{DQOi}$$

$$\text{DQOb} - \text{DQOrb} = \text{DQOlb}$$

Fraccionamiento de la DQO - DQOb

La DQO biodegradable total (DQOb) se determina automáticamente mediante un test R a partir de una muestra de agua residual afluyente al reactor biológico.



Respirograma Rs de la DQOb

Fraccionamiento de la DQO – Valores de DQOb

Archivo Ensayo Ver Herramientas Estimaciones Ajustes Ventanas

Gráfica Datos Detalles

Ensayo:
Nombre: DBOb Colector PQ
Operario:
Fecha: 29/06/2011
Línea de base: 6,58 ppm
Sólidos 3 g/l
Vf: 1000 ml
Vm 50 ml
s: 1
Y: 0,67
Estimación : 0 mg/l
Duración(hh:mm:ss): 00:01:23:18

Resultados
Selecciona el tipo de datos de la siguiente lista para ver todos sus resultados :

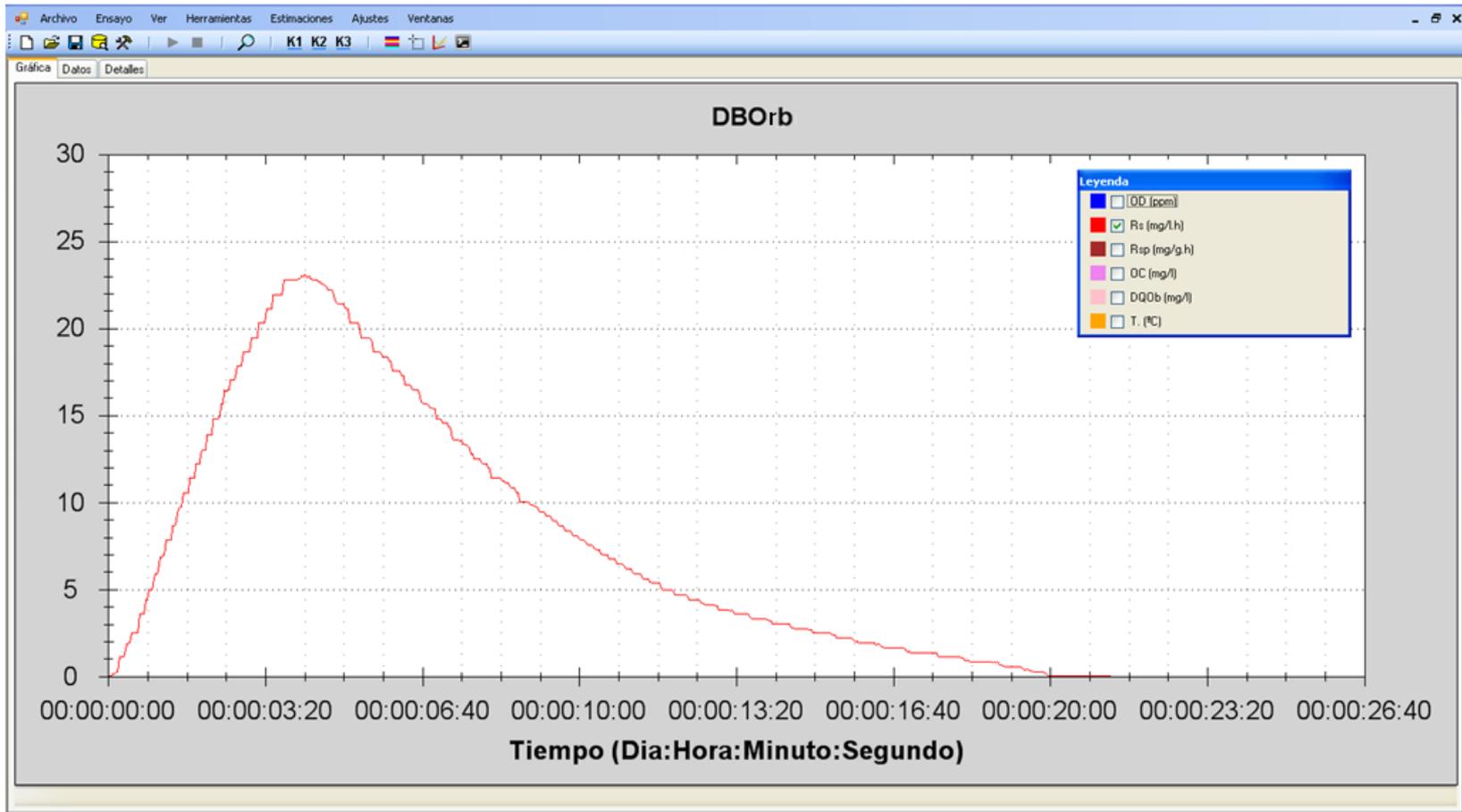
- OD (ppm)
- Rs (mg/l.h)
- Rsp (mg/g.h)
- OC (mg/l)
- DQOb (mg/l)**
- T. (°C)

Observaciones
1000 ml fango recirculación
aireado 50 ml muestra efluente
Colector Petroquímica (1.190 mg/l
de DQO)

Primer valor : 0
Último valor : 887,96
Mínimo : 0
Máximo : 887,96
Promedio : 625,13

Fraccionamiento de la DQO - DQOrb

La DQO rápidamente biodegradable se determina automáticamente mediante un test R, a partir de una muestra soluble real (floculada y sobrenadante filtrado a 0.45 μm)



Respirograma R_s de la DQOrb

Fraccionamiento de la DQO – Valores de DQOrb

Archivo Ensayo Ver Herramientas Estimaciones Ajustes Ventanas

Gráfica Datos Detalles

Ensayo:
Nombre: Yh 290611
Operario:
Fecha: 29/06/2011
Línea de base: 6,85 ppm
Sólidos 3 g/l
Vf: 1000 ml
Vm 50 ml
s: 2
Y: 0,67
Estimación: 0 mg/l
Duración(hh:mm:ss): 00:00:21:18

Resultados
Selecciona el tipo de datos de la siguiente lista para ver todos sus resultados :

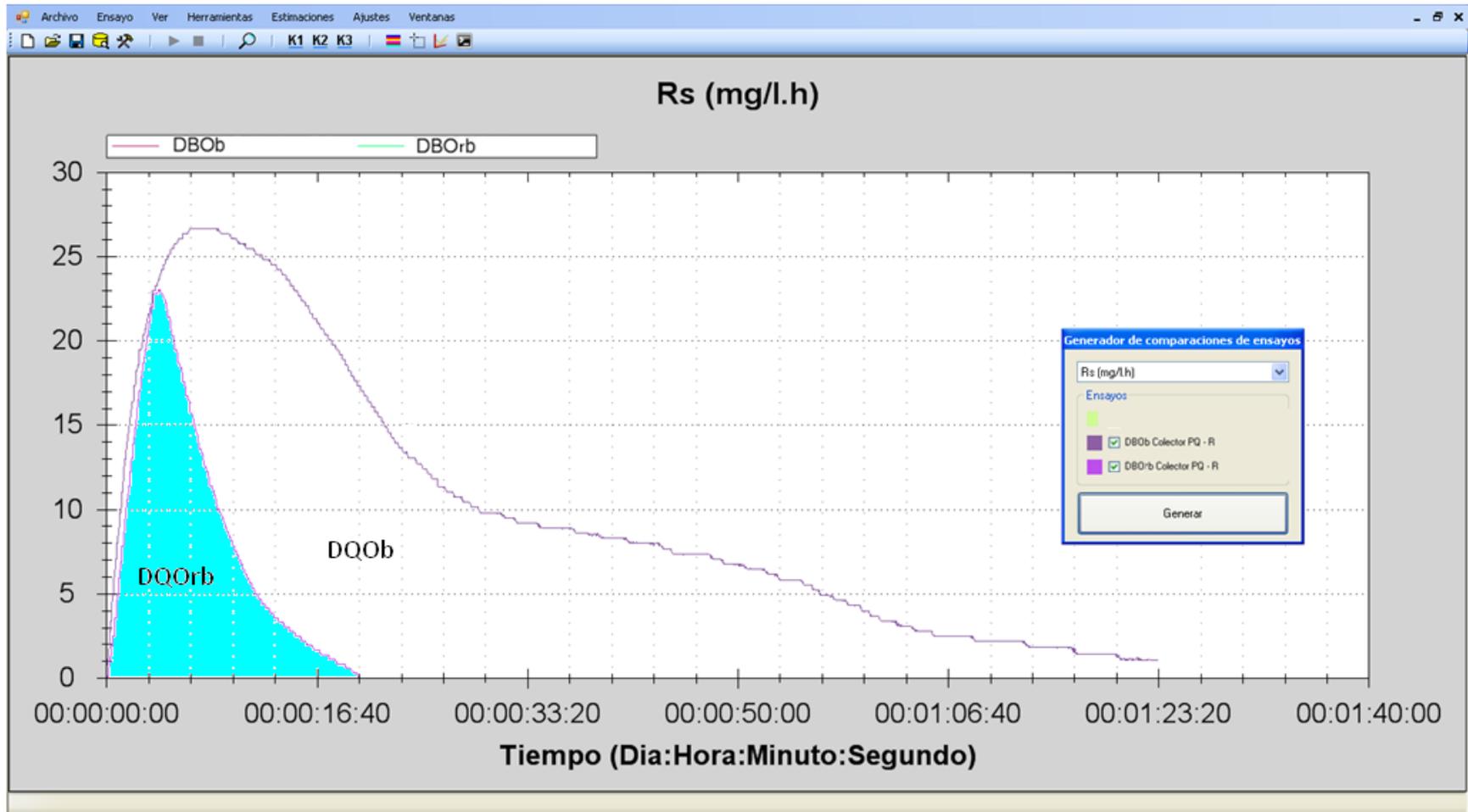
- OD (ppm)
- Rs (mg/l.h)
- Rsp (mg/g.h)
- OC (mg/l)
- DQOb (mg/l)**
- T. (°C)

Observaciones

Primer valor : 0
Último valor : 180,81
Mínimo : 0
Máximo : 180,81
Promedio : 125,41

Fraccionamiento de la DQO

Superposición de la Rs de DQOb con la Rs de DQOrb



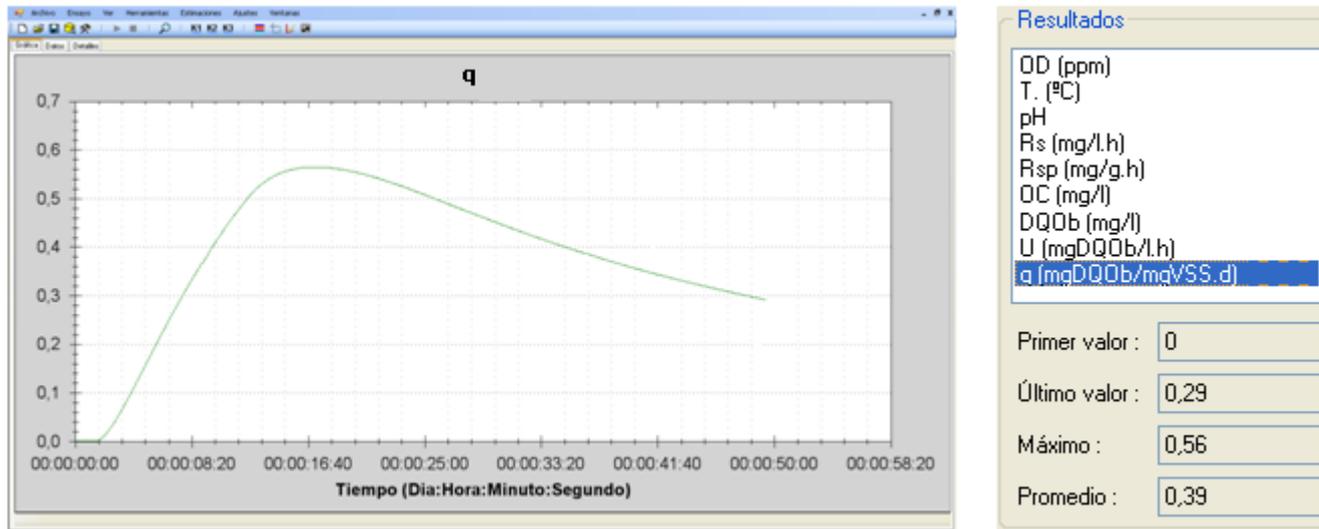
Respirogramas de las Rs de las DQOb & DQOrb superpuestos

Biomasa heterótrofa

SURCIS S.L

Tasa de utilización de la DQO (q)

Se refiere a la velocidad específica con que el proceso está oxidando el sustrato orgánico degradable, en concepto de DQO por unidad de SS. El software BM calcula este parámetro cinético a lo largo del test R, determinando los valores último, medio y máximo



Respirograma del valor de la q

q: Tasa de utilización de la DQO biodegradable (mg DQOb/mgVSS.d)

Podemos pasar las unidades a DBO y MLSS: $q_{(DBO,MLSS)} \approx 0.63 * q * MLVSS/MLSS$

La condición para la no-sobrecarga es que la $q_{(DBO,MLSS)}$ **máxima** \geq **CM**

Biomasa autótrofa

Nitrificación

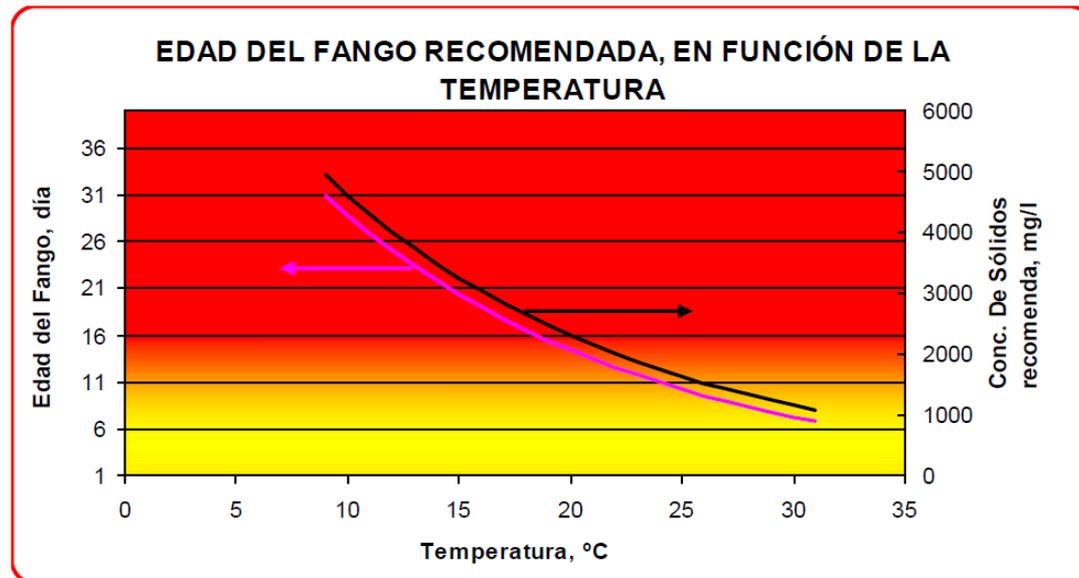
SURCIS S.L

Condiciones iniciales para la nitrificación

1.

Condiciones	
pH	7.5 a 8 (óptimo)
T	> 15 a 28 °C
OD	1 a 3 ppm
Reactor con suficiente capacidad de nitrificación	
Sin inhibidores ni compuestos tóxicos	

2.



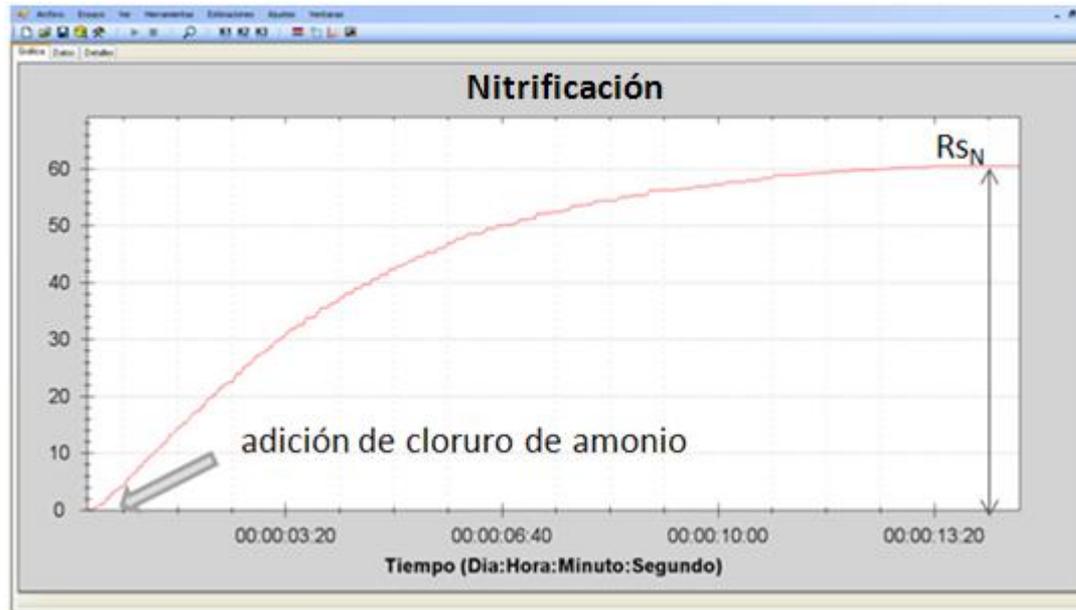
La salud de la biomasa autótrofa

La salud de la biomasa autótrofa se conoce por medio de dos ensayos de respirometría dirigidos a la determinación de dos parámetros críticos:

1. Determinación de la tasa de nitrificación: **AUR** (mg N-NH₄/l.h)
2. Determinación de la concentración de la biomasa autótrofa activa: **X_A**
y su comparación con tabla de referencia (**DBO/NTK**)

Tasa de nitrificación (AUR) y parámetros derivados

Utilizamos cloruro de amonio con una concentración de amonio equivalente en un ensayo de Respirometría realizado en las mismas condiciones de temperatura y pH.



Respirograma de Rs por nitrificación

Parámetro	Fórmula
Tasa de respiración por nitrificación (mg/l.h)	$Rs_N = Rs_{max}$
Tasa de nitrificación (mg N-NH ₄ /l.h)	$AUR = [Rs_N / 4.57] * OD / (K_{OD} + OD)$ <p>OD : Oxígeno disuelto medio en el proceso (mg/l) Coeficiente de semisaturación de oxígeno: $K_{OD} \approx 0.5$</p>

Parámetros directos

derivados de la tasa de nitrificación

Descripción	Parámetro
<p>Capacidad de nitrificación (mg N-NH₄/l)</p> <p>Concentración máxima de amonio que el proceso puede eliminar</p>	<p>$C_N = AUR * TRH_N$</p> <p>TRH_N (h): Tiempo de retención para la nitrificación</p>
<p>Tiempo de nitrificación (h)</p> <p>Tiempo mínimo de retención hidráulica que el proceso necesita para una concentración de amonio igual a S_N</p>	<p>$T_N : S_N / AUR$</p> <p>S_N : Concentración de amonio a nitrificar (mg N-NH₄/l)</p> <p>$S_N = NTK_0 - NO_e - N_{NH4e}$</p> <p>NTK₀ : NTK en afluente (mg N/l)</p> <p>NO_e : Nitrógeno orgánico en efluente (mg N/l)</p> <p>N_{NH4e} : Nitrógeno amoniacal en efluente (mg N-NH₄/l)</p>

Concentración de la biomasa autótrofa

Desde el proceso actual

$$X_{A.\text{actual}} = 2.4 * \text{TRC} * \text{AUR}$$

$$2.4 = 24 \text{ (para pasar AUR a días)} * Y_A$$

X_A : Concentración de biomasa nitrificante (mg/l)

TRC: Edad del fango actual del proceso (d)

Desde una tabla de referencia

Esta tabla solo es válida para proceso sin problemas de inhibición.

DBO/NTK	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F_N	0.35	0.21	0.12	0.083	0.064	0.054	0.043	0.037	0.033	0.029

$$X_A = F_N * X_V$$

X_V : MLVSS (mg/l)

Para un TRC dentro del rango normal, el valor de la X_A desde el proceso actual debe ser coherente (\geq) con el calculado según tabla de referencia

Edad del fango mínima para la nitrificación:

Tasa de crecimiento máximo de la biomasa autótrofa

$$\mu_{A.\max} = Y_A * 24 * AUR_{\max} / X_A$$

$\mu_{A.\max}$: Tasa de crecimiento máximo de la biomasa autótrofa (d^{-1})

AUR_{\max} : AUR correspondiente a una concentración máxima de amonio habitual en el proceso

$Y_A \approx 0.1$

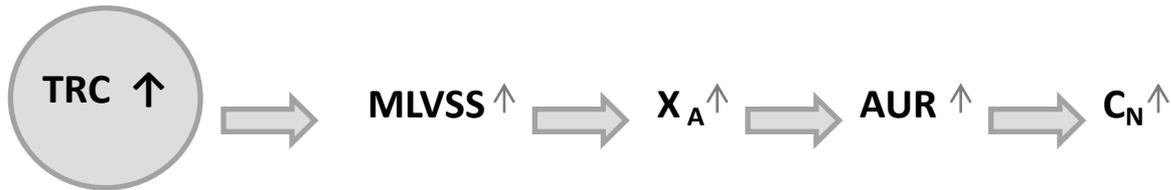
Edad del fango mínima para la nitrificación

$$TRC_{\min} = 1 / \mu_{A.\max}$$

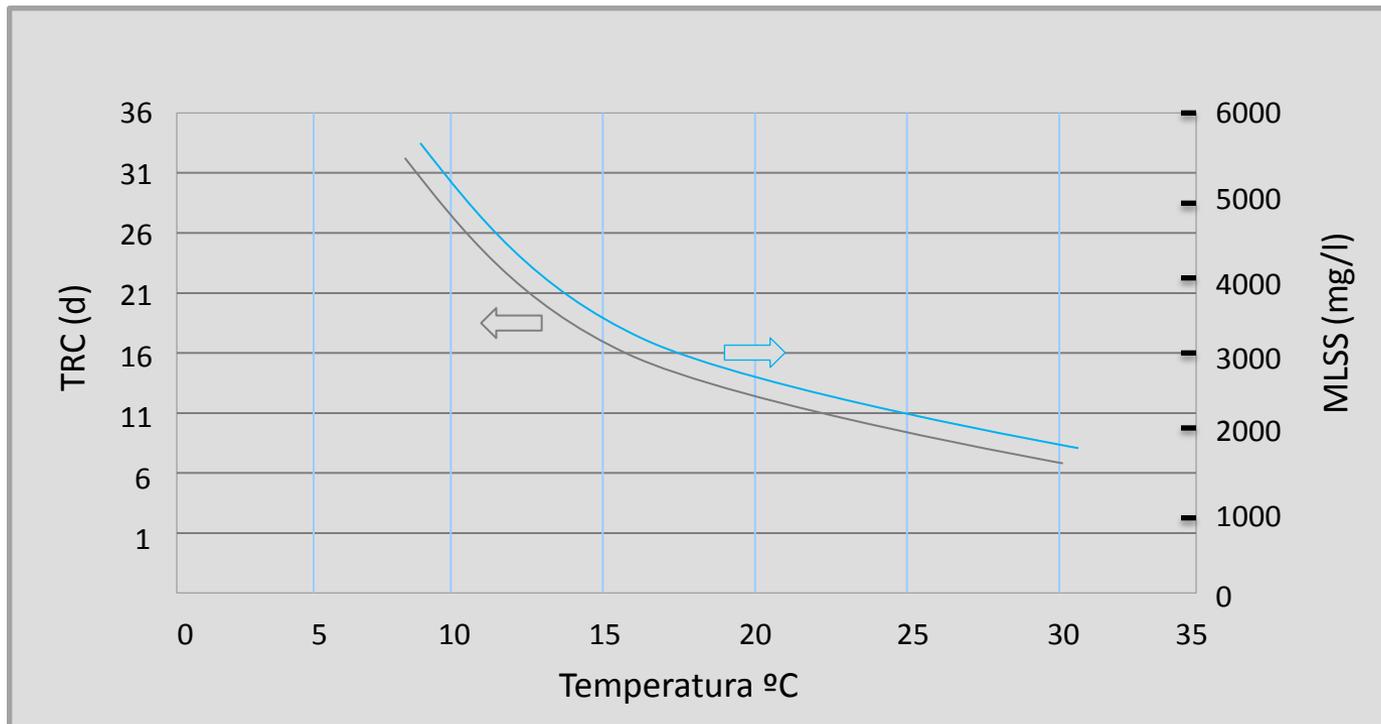
TRC_{\min} : Edad del fango mínima para la nitrificación (d)

¿Qué hay que hacer si la capacidad de nitrificación es insuficiente?

Si la capacidad de nitrificación (C_N) no es suficiente
y no existe inhibición alguna en la nitrificación,
hay que incrementar la edad del fango (TRC)



TRC & MLSS recomendados en un proceso con nitrificación dependiendo de la Temperatura



Optimización de la desnitrificación

SURCIS S.L

Pasos para la optimización de la desnitrificación

1.

Condiciones	
pH	6.5 a 8 (óptimo)
DBO/NTK	2.5 a 5
DQO soluble biodegradable /N-NO _{3, DN}	≥ 2.83 
OD	< 0.3 ppm 
Reactor con suficiente capacidad de desnitrificación	
Sin inhibidores ni compuestos tóxicos	

Recirculación externa

$$Q_r + Q_n = Q_i \left(\frac{N_{NO_{3, DN}}}{N_{NO_3e}} - 1 \right)$$

2.

Q_r: Caudal fango de recirculación.

Q_n: Caudal de recirculación de Nitratos.

Q_i: Caudal del influente a planta.

N_{NO_{3, DN}}: Concentración de Nitratos a desnitrificar.

N_{NO_{3e}}: Concentración de Nitratos en efluente.

Demanda de oxígeno por materia orgánica utilizada en la desnitrificación



Descripción	Condición
Relación oxígeno consumido (OC) / Nitrato a desnitrificar	$\text{OC} / [\text{NO}_3] \geq 2,86$ <p>[NO₃]: Nitrato a desnitrificar (mg N-NO₃/l)</p>
DQOrb necesaria para la desnitrificación (DQOrb _{DN})	$\text{DQOrb}_{\text{DN}} \geq 2.86 * [\text{NO}_3] * (1 - Y_H)$ <p>Para conocer la DQO o DBO necesaria para la desnitrificación, tendríamos en cuenta la relación de cada parámetro con la DQOrb</p>

Toxicidad

SURCIS S.L

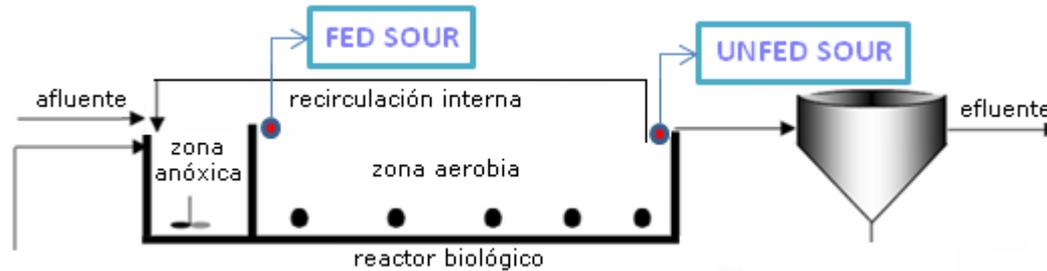
Podemos contemplar dos tipos de toxicidad

1. Toxicidad que ya está presente en el proceso de fangos activos



2. Toxicidad en agua residual o compuesto que hay que analizar

Síntomas de toxicidad ya presente en el proceso de fangos activos



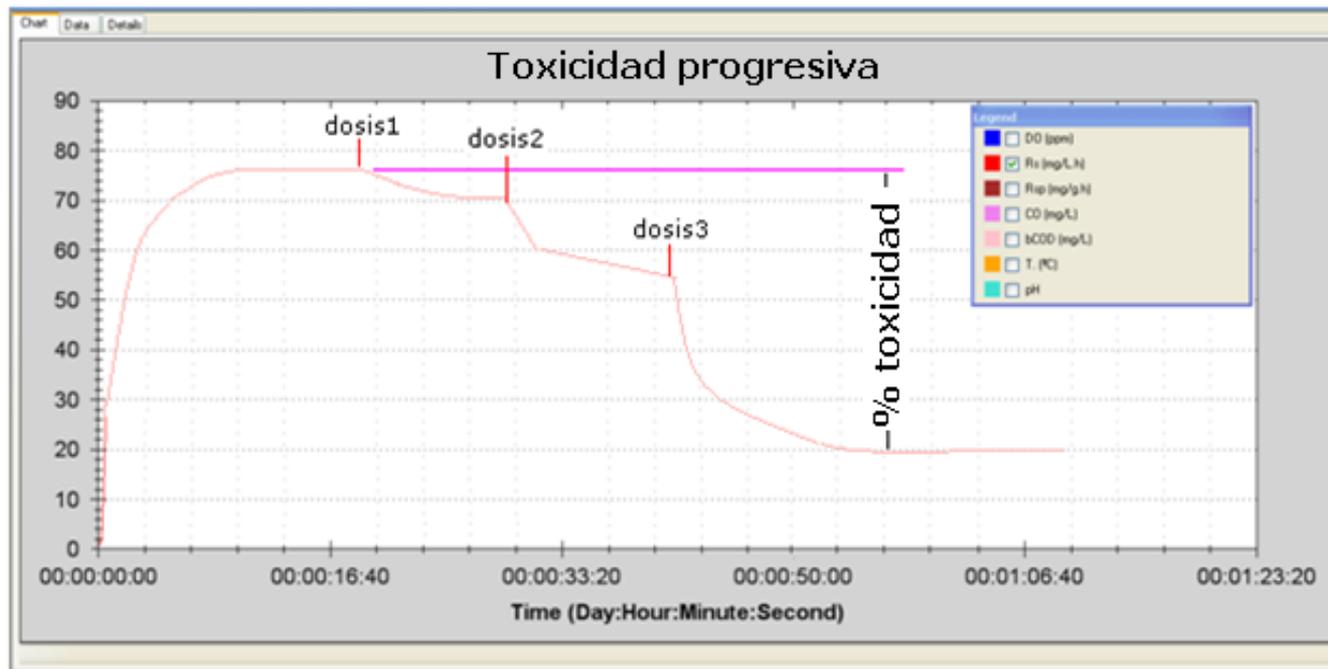
Parámetros	Síntomas
UNFED SOUR	<< Valor tabla de referencia
FED SOUR / UNFED SOUR	< 1.3
Y_{H,O_2}	< 0.5

UNFED SOUR Referencia ($mgO_2/g.h$)	TRC (d)
6 - 18	2 - 4
4 - 15	4 - 10
3 - 12	10 - 30
2 - 6	10 - 35

Toxicidad de efecto rápido

Método: dosis progresiva

El objetivo es analizar un efecto tóxico que se pudiera producir en el fango activo mediante la adición progresiva de dosis de muestra de agua residual sobre una tasa de respiración máxima provocada por la adición de un sustrato de referencia (acetato sódico, cloruro de amonio, o ambos)

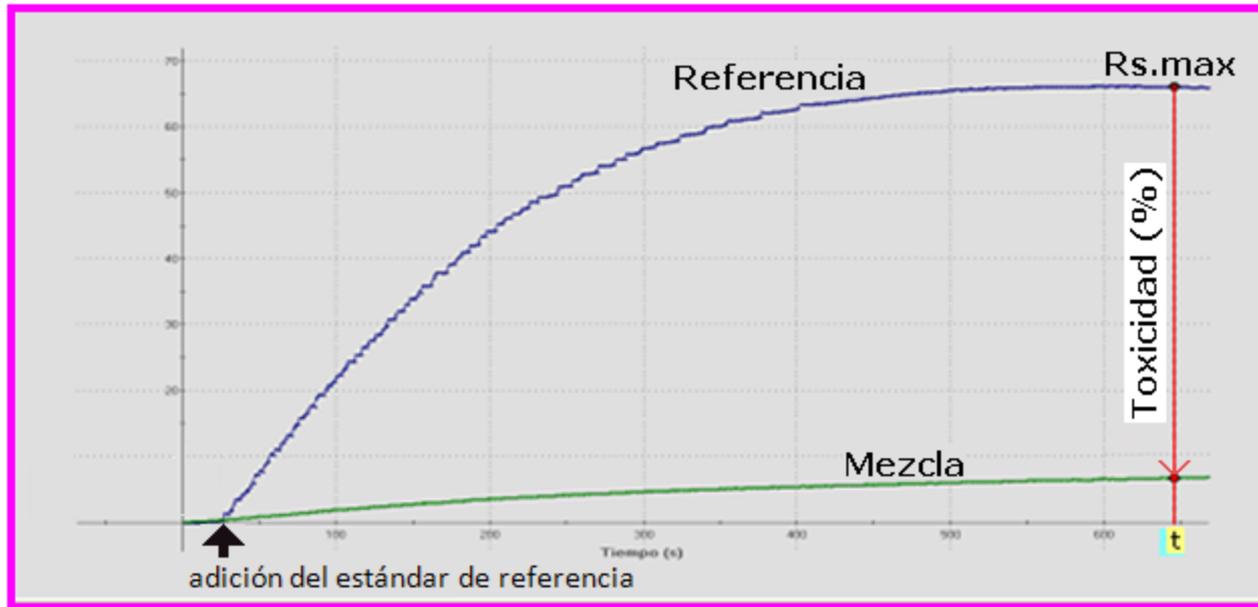


Respirograma por dosis periódica de sustrato

Toxicidad de un agua residual o compuesto

Método: comparación con Referencia

Comparamos la actividad de un compuesto estándar de referencia (acetato sódico o cloruro de amonio) en dos fangos en fase de respiración endógena: Uno de referencia (sin agua residual) y otro con la mezcla de agua residual.



Respirograma combinado

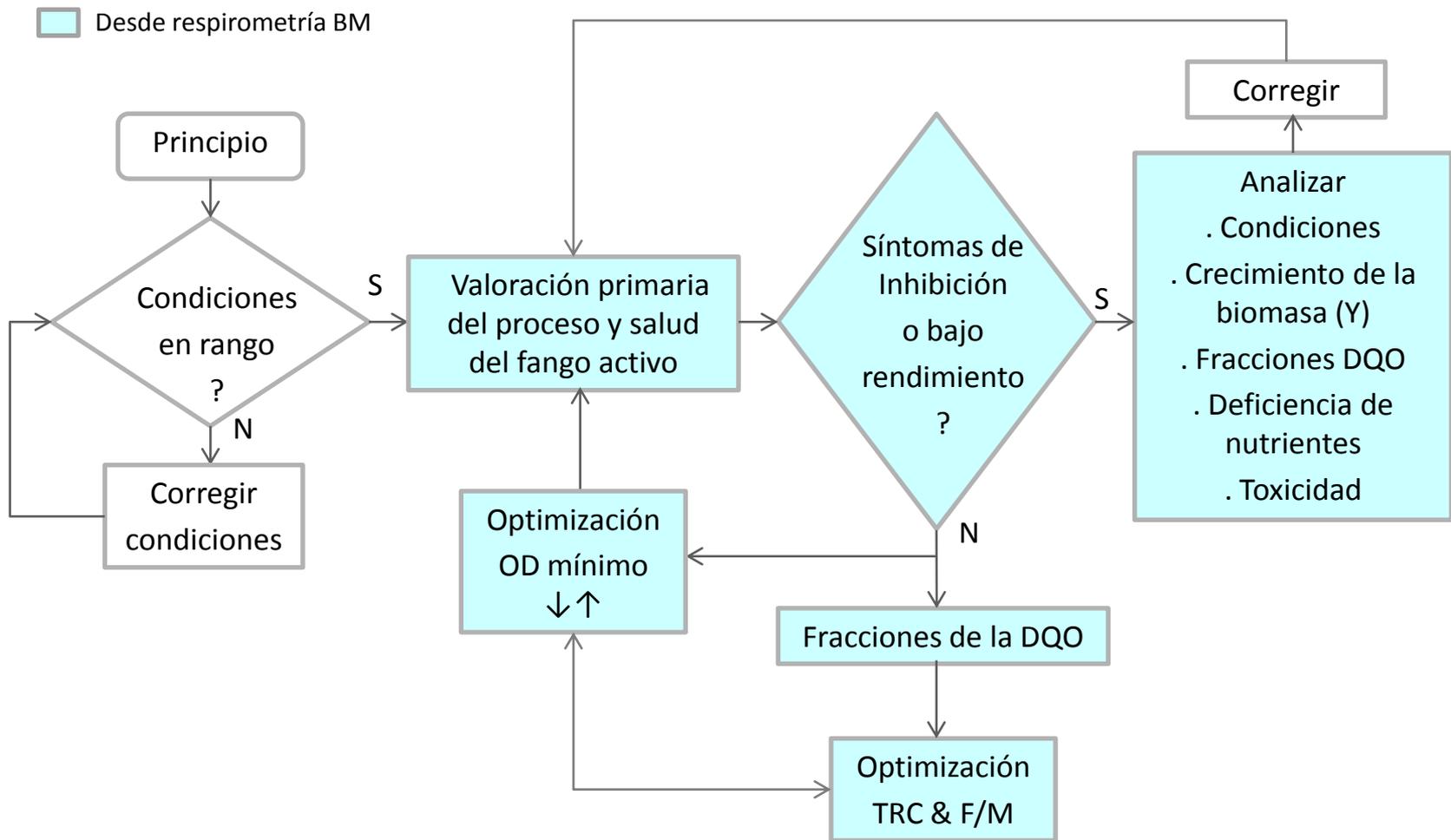
Referencia: Agua destilada + estándar de referencia (acetato ó ClNH_4) + Fango

Mezcla: Agua residual + Fango

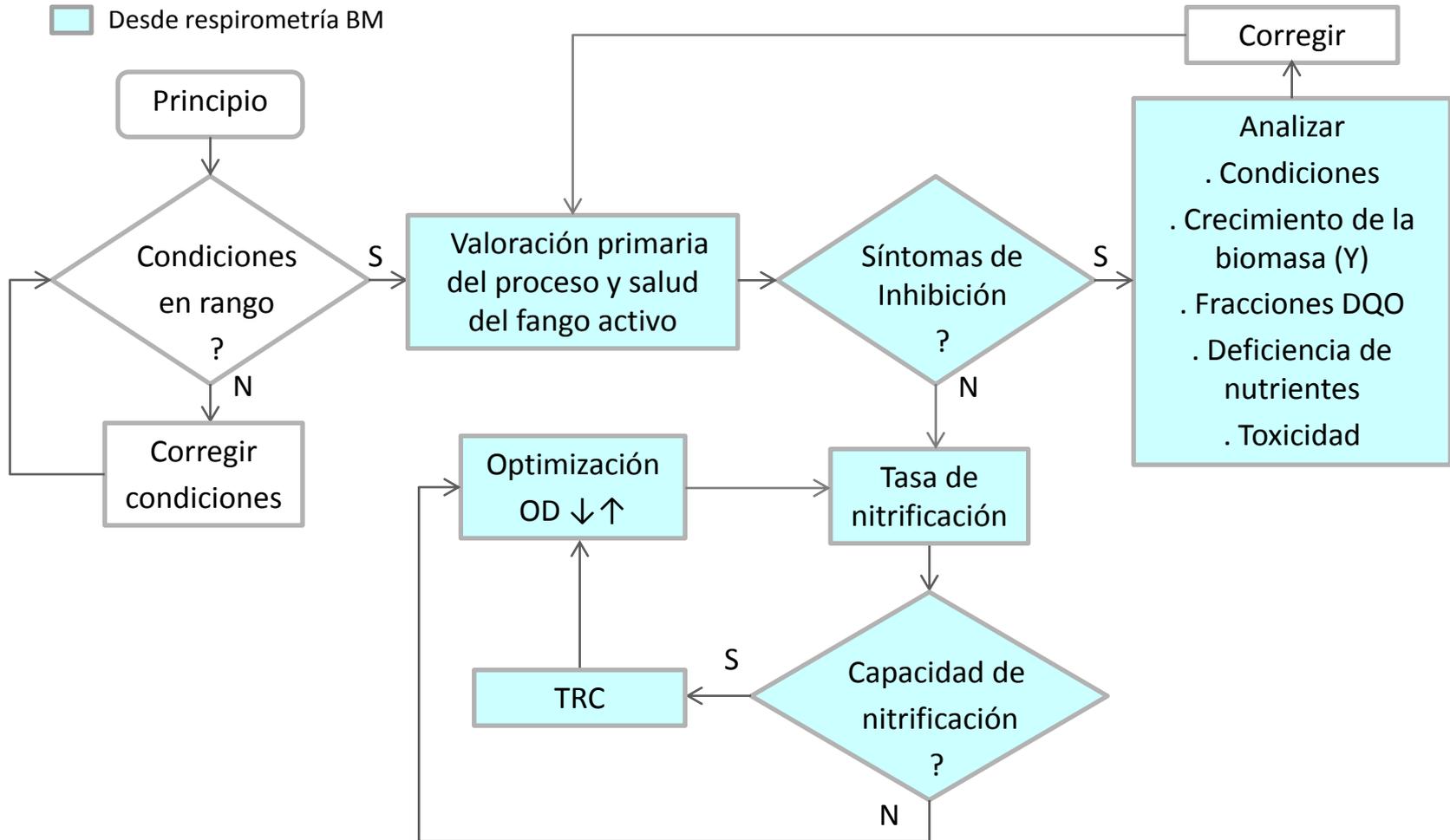
Protocolos operacionales

SURCIS S.L

Protocolo de respirometría para procesos sin nitrificación



Protocolo de respirometría para procesos con nitrificación



SURCIS, S.L.

Teléfono: 932 194 595 / 652 803 255

E-mail: surcis@surcis.com / eserrano@surcis.com

Internet: www.surcis.com