

## **ESTUDIO DE RESPIROMETRÍA**

**Sobre la tasa de crecimiento de la biomasa nitrificante  
de 4 muestras de agua residual de la EDAR municipal**

***SURCIS***

## Sistema de respirometría utilizado: BM-Advance



### Características principales del analizador de respirometría BM-Advance

- Analizador compacto de muy bajo mantenimiento y fácil manejo
- Medida directa del oxígeno disuelto desde un sensor de oxígeno sin mantenimiento.
- Sin restricciones de oxigenación ni tiempo en la ejecución de cualquiera de los ensayos.
- Control completo del funcionamiento y resultados por medio de potente software cargado en ordenador del sistema.
- Actualización automática del software en curso desde Internet.
- Capacidad para la programación de las condiciones del ensayo y su posible modificación durante su ejecución.
- Medidas automáticas: OUR, SOUR, CO, DQOb, U (tasa de utilización de sustrato) y q (U específica)
- Último, mínimo, máximo y media móvil de cada medida siempre que se desee.
- Presentación de todos los resultados seleccionados durante la ejecución del ensayo, en cualquier momento, de forma tabular o gráfica.
- Opción para la apertura de varios ensayos almacenados y comparar los resultados de forma gráfica de los parámetros seleccionados, por superposición o por distintos modos de presentación de pantallas.
- Control automático de la temperatura integrado en el mismo analizador.
- Monitorización y control automático del pH desde el software.
- Zoom de cualquier zona seleccionada en el Respirograma
- Las medidas de los respirómetros BM y aplicaciones derivadas (parámetro cinético y operativo) pueden utilizarse en los programas de simulación y modelación.
- Opción para utilizar un reactor especialmente diseñado para contener los portadores (biomass-carriers) de procesos tipo MBBR, biofiltros y biomasa granular.

## Datos más relevantes para el presente estudio de la ficha técnica

Parámetro (valor medio)	Descripción / Comentario
<b>Tipo de proceso</b>	Biológico
<b>Nitrificación / Desnitrificación</b>	Actualmente no se está nitrificando
<b>% del reactor biológico dedicada a la Desnitrificación</b>	Hay cámara anóxica en el reactor, pero no está operativo el proceso de nitrificación-desnitrificación
<b>pH medio en zona de Nitrificación / Desnitrificación</b>	7
<b>Temperatura actual media en el biológico</b>	Actual no la sé, pero la mínima sostenida en el mes más frío 16-17°
<b>DQO (mg/l) media de agua de entrada a biológico</b>	346 mg/l
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/l) media de agua de entrada a reactor biológico (mg/l)</b>	106 mg/l
<b>DQO (mg/l) media en efluente</b>	46 mg/l
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/l) media efluente</b>	8 mg/l
<b>Amonio (mg/l) medio de Entrada / Salida</b>	50/35
<b>Nitrato (mg/l) medio al final de la zona anóxica</b>	Solo en el caso de que exista Desnitrificación
<b>Caudal medio Q (m<sup>3</sup>/h) de entrada a reactor biológico</b>	21.000 m3/dia
<b>% Caudal fango Recirculación vs. caudal influente</b>	80%

## Puntos del estudio

1. Concentración actual de biomasa nitrificante activa.
2. Tasa de respiración por nitrificación y tasa de nitrificación en el licor-mixto de referencia original.
3. Coeficiente de rendimiento de la biomasa nitrificante.
4. Tasas de respiración con licor-mixtos generados a partir de la muestras a analizar.
5. Tasas de nitrificación con licor-mixtos generados a partir de la muestras a analizar.
6. Tasa específica de eliminación de amonio en cada muestra con el fango de referencia.
7. Tasa de crecimiento de la biomasa nitrificante en los licor-mixtos generados a partir de la muestras a analizar.

## Muestras y condiciones

### Fango activo de referencia

Se utiliza fango del final del reactor biológico con una concentración aproximada de 4,5 g/L SSLM y 3 g/L SSVLM.

El fango preparado se somete a una aireación continuada controlada durante un tiempo suficiente para pasarlo a un estado de respiración endógena, con total ausencia de sustrato pendiente de degradar.

### Estándar de nitrógeno amoniacal

Cloruro de amonio, equivalentes a aproximadamente 39 mg de nitrógeno amoniacal por litro de licor-mixto.  
[N-NH<sub>4</sub>] = 39 mg N - NH<sub>4</sub>/L

### Muestras de agua residual

**31\_10\_17 (CP)** = EDAR RUBÍ, 31/10/17, Canal Parshall (entrada bruta)

**31\_10\_17 (DP)** = EDAR RUBÍ, 31/10/17, Decantadores Primarios

**02\_11\_17 (CP)** = EDAR RUBÍ, 2/11/17, Canal Parshall (entrada bruta)

**02\_11\_17 (DP)** = EDAR RUBÍ, 2/11/17, Decantadores Primarios

### Licor-mixtos en respiración endógena

**LM.ref** = Licor-mixto de referencia de otra EDAR municipal que funciona perfectamente (EDAR de Granollers)

**LM.31.10 (CP)** = Licor mixto con fango decantado de referencia y muestra 31\_10\_17 (CP), sustituyendo el sobrenadante del LM.ref por muestra.

**LM.31.10 (DP)** = Licor mixto con fango decantado de referencia y muestra 31\_10\_17 (DP), sustituyendo el sobrenadante del LM.ref por muestra.

**LM.02.11 (CP)** = Licor mixto con fango decantado de referencia y muestra 02\_11\_17 (CP), sustituyendo el sobrenadante del LM.ref por muestra.

**LM.02.11 (DP)** = Licor mixto con fango decantado de referencia y muestra 02\_11\_17 (DP), sustituyendo el sobrenadante del LM.ref por muestra.

### Condiciones de los ensayos de respirometría

Todos los ensayos de respirometría se llevan a cabo **en condiciones actuales** con una temperatura de 25 °C y un pH de 7

# **Respirometría**

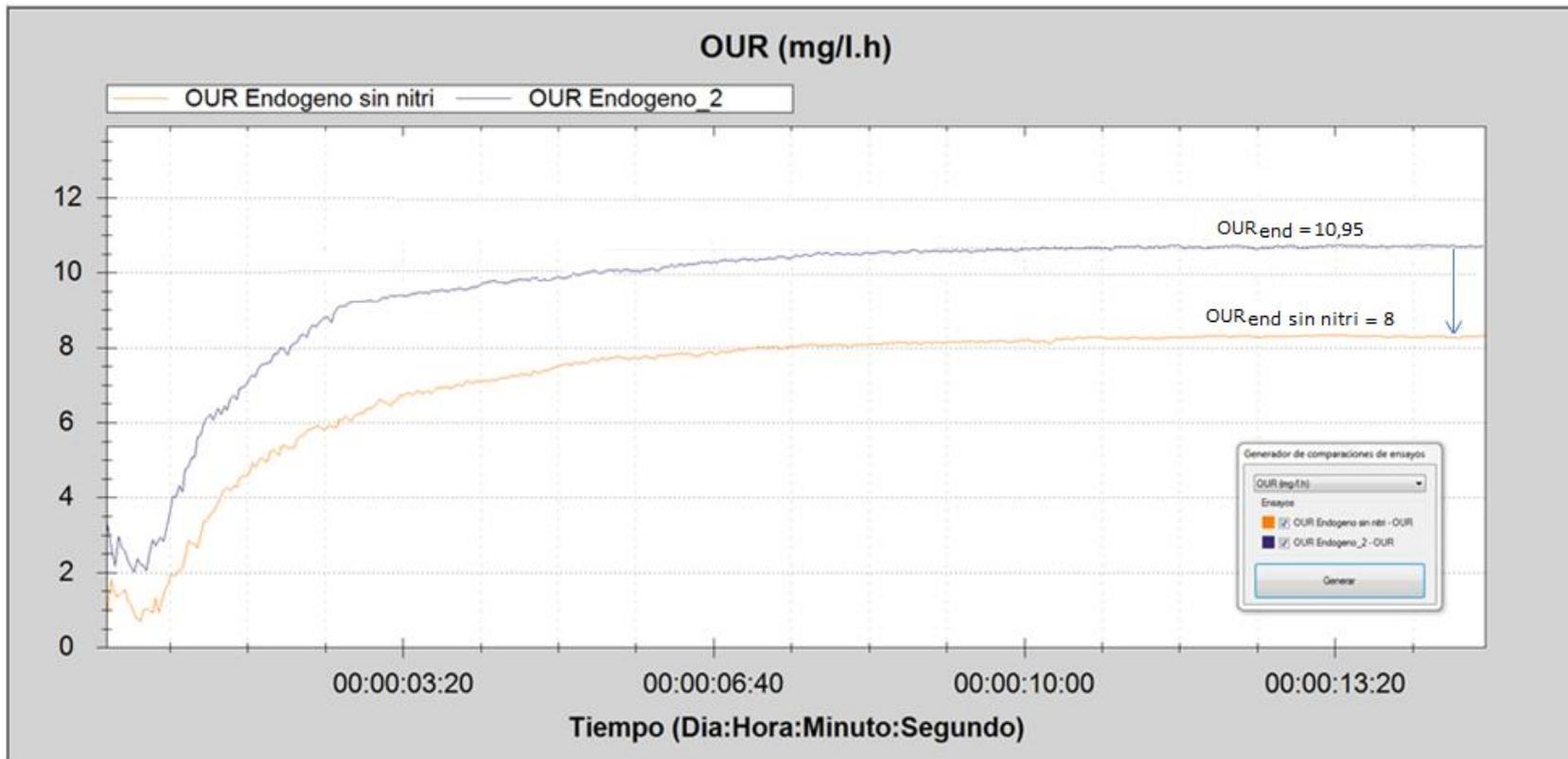
## **Cinética de la nitrificación**

# 1. Determinación la concentración actual de biomasa nitrificante activa ( $X_A$ ) en el fango de referencia.

## 1.1. Tasa de respiración endógena de la biomasa nitrificante ( $OUR_{end.N}$ )

La determinación de la tasa de respiración endógena de la biomasa nitrificante da paso al cálculo de la concentración de la biomasa nitrificante activa.

Este parámetro se determina desde la diferencia entre el OUR del fango en respiración endógena ( $OUR_{end}$ ) y el OUR del mismo fango habiéndole añadido una dosis controlada de Allil-Tiourea (ATU) con el fin de inhibir la actividad de la biomasa nitrificante ( $OUR_{end.N}$ )



$$OUR_{end.N} = OUR_{end} - OUR_{end \text{ sin nitrí}} = 10,95 - 8,2 = 2,75$$

$$OUR_{end.N} = 2,75 \text{ mg/L}$$

## 1.2. Concentración estimada de biomasa total activa nitrificante ( $X_A$ )

$$X_A = 24 * OUR_{end.A} / (f_{cv} * b)$$

$f_{cv} (O_2/X_H)$ : Demanda de oxígeno por unidad de biomasa = 1.42

$b (d^{-1})$ : Tasa de decaimiento global en la respiración endógena = 0,17.  $1,04^{(t-20)} = 0,17 * 1,04^{(25-20)} \approx 0,2$

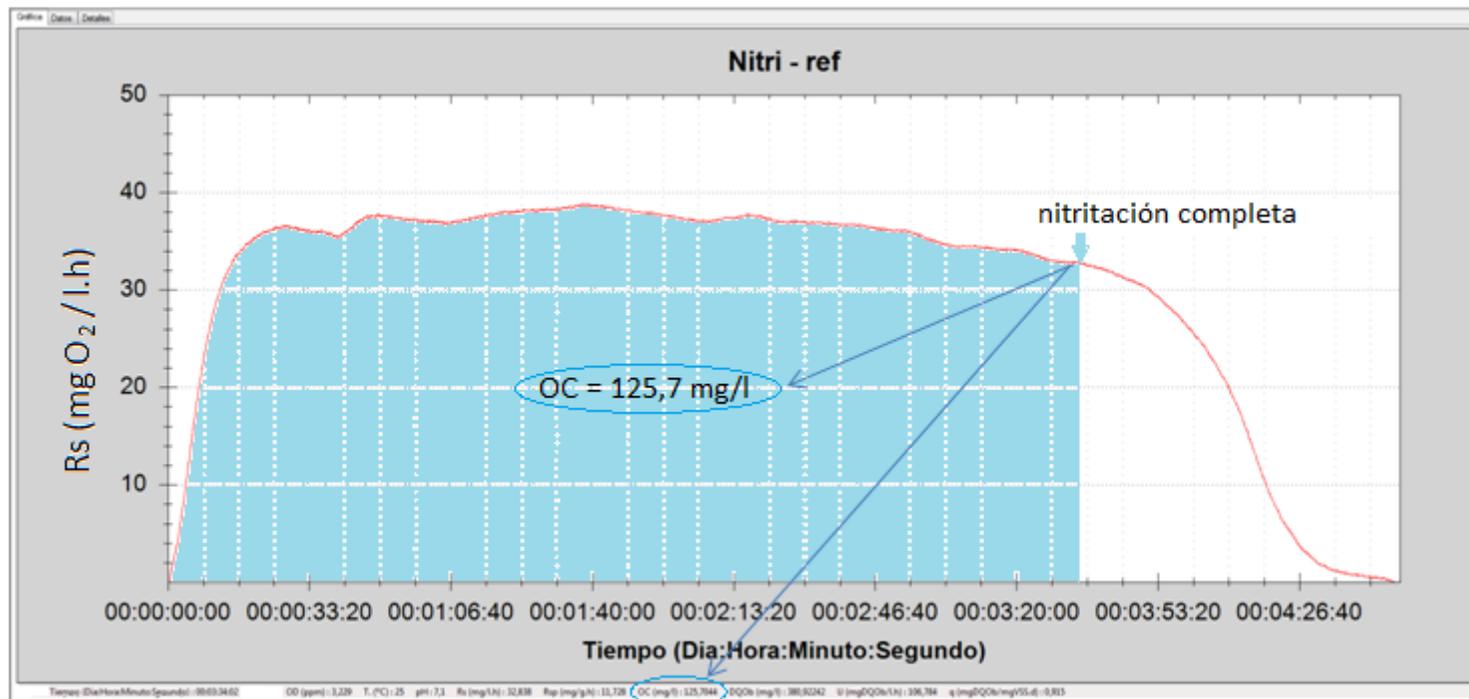
Fuente: *Respirometry for Environmental Science and Engineering* – James G. Young & Robert M. Cowan. 2004

$$X = 24 * 2,75 / (1,42 * 0,2) = 233 \text{ mg/L}$$

$$X = 233 \text{ mg/L}$$

## 2. Coeficiente de rendimiento $Y_A$

Se calcula por medio de un ensayo R de respirometría con una dosis controlada de estándar de amonio en donde el respirómetro BM, integrando los valores de tasa de respiración hasta la nitrificación completa, calcula automáticamente el oxígeno consumido (OC) por nitrificación.



$$\text{OC} = 125,7 \text{ mg/L}$$

$$Y_{A,02} = 3,43 - \text{OC} / [\text{N-NH}_4]$$

3,43:  $\text{mg O}_2$  para la nitrificación de cada  $\text{mg}$  de nitrógeno amoniacal (Metcalf & Eddy, 2003)

$$Y_{A,02} = 3,43 - 125,7 / 39 = 3,43 - 3,22 = 0,21 \text{ mg O}_2 / [\text{N-NH}_4]$$

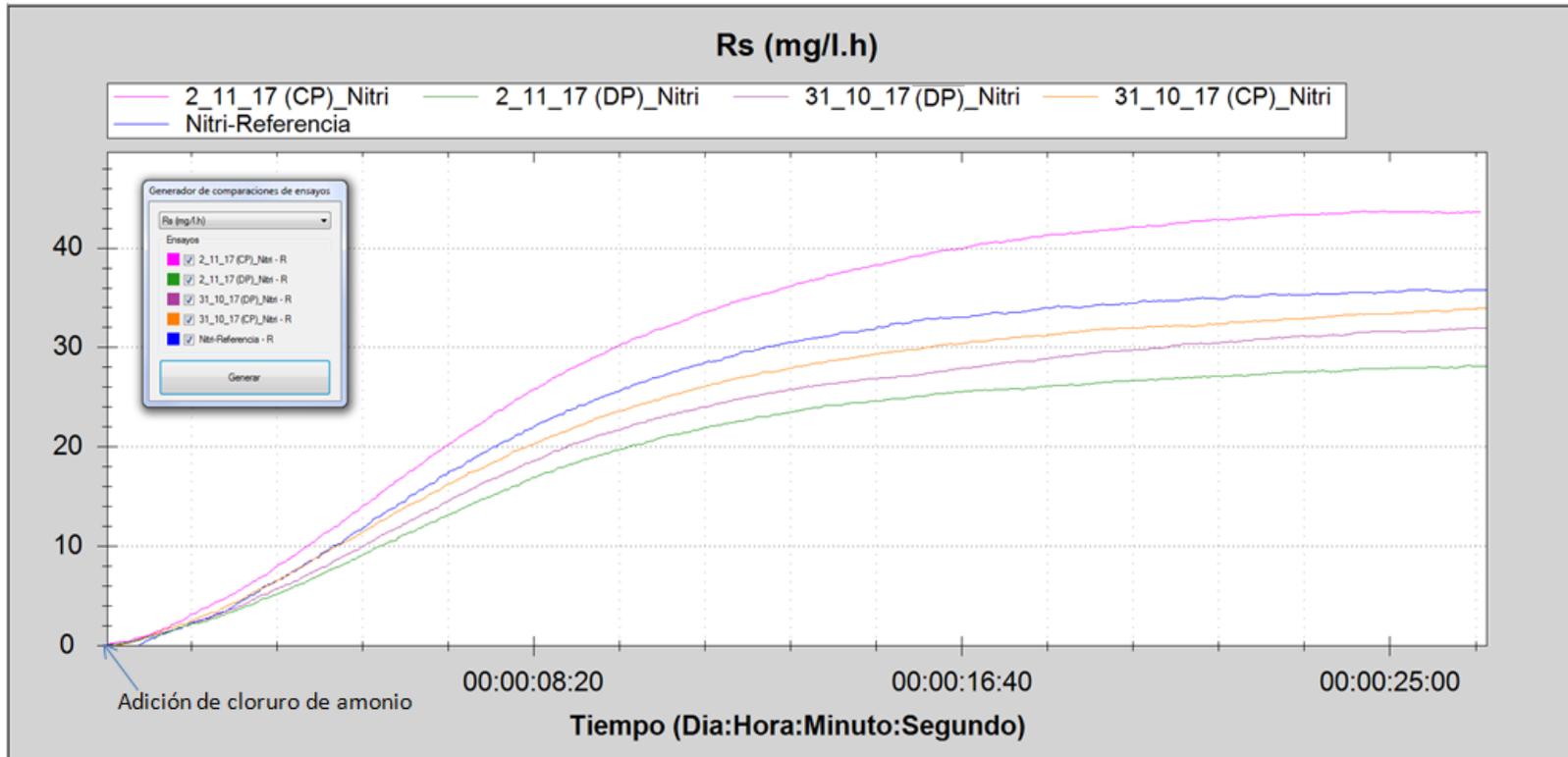
$$Y_{A,02} = 0,21 \text{ mg O}_2 / [\text{N-NH}_4]$$

$$Y_{A,SSV} = 0,21 / 1,42 \approx 0,15$$

$$Y_{A,SSV} = 0,15 \text{ mg VSS}_A / [\text{N-NH}_4]$$

### 3. Tasas de respiración ( $Rs_n$ ) por nitrificación

Esta determinación se lleva a cabo por medio de un ensayo de respirometría R en cada uno de los licores-mezcla en fase endógena, haciendo uso de una dosis de cloruro de amonio con una concentración de amonio equivalente, tomando la  $Rs$  máxima de cada ensayo.



Muestra	$Rs_n$ (mg $O_2$ / L / h)
LM.ref	36
LM.31.10 (CP)	34
LM.31.10 (DP)	32
LM.02.11 (CP)	43
LM.02.11 (DP)	28

#### 4. Tasas de nitrificación (AUR)

$$\text{AUR} = R_{S_n} / 4,57$$

4,57: mg O<sub>2</sub> consumido por cada mg de nitrógeno amoniacal en la nitrificación completa

Muestra	AUR (mg N-NH <sub>4</sub> / L / h)
LM.ref	7.87
LM.31.10 (CP)	7,43
LM.31.10 (DP)	7
LM.02.11 (CP)	9,40
LM.02.11 (DP)	6.12

#### 5. Tasas de utilización del sustrato (q<sub>n</sub>)

$$q_n = \text{AUR} * 24 / X_A$$

Muestra	q <sub>n</sub> (mg N-NH <sub>4</sub> / mg VSS <sub>A</sub> / d)
LM.ref	0,81
LM.31.10 (CP)	0,76
LM.31.10 (DP)	0,72
LM.02.11 (CP)	0,96
LM.02.11 (DP)	0,63

## 6. Tasa de crecimiento de la biomasa nitrificante

### 6.1. Tasa de crecimiento global de la biomasa nitrificante ( $\mu_A$ )

$$\mu_A = Y_{A,SSV} * q_n$$

Temp	Death & Decay Rate $b_A$ (days <sup>-1</sup> )
10°C	0.02
15°C	0.03
20°C	0.04
25°C	0.05

Fuente: EPA - Long Island Sound Study, NY - 2000

Muestra	$\mu_A$ (d <sup>-1</sup> )	$[\mu_A - b_A]$ (d <sup>-1</sup> )
LM.ref	0,121	0,071
LM.31.10 (CP)	0,114	0,064
LM.31.10 (DP)	0.108	0.058
LM.02.11 (CP)	0,144	0,094
LM.02.11 (DP)	0,094	0,044

**$[\mu_A - b_A]$** : Representa el valor neto de la tasa de crecimiento en condiciones actuales de pH y temperatura, y se suele utilizar para la determinación de la edad del fango actual.

$$\text{TRC actual} = 1 / [\mu_A - b_A]$$

#### Ejemplo

Para el fango de referencia:  $\text{TRC actual} = 1 / [\mu_A - b_A] = 1 / 0,071 = 14 \text{ d}$  - Valor que coincide plenamente con la TRC actual del proceso -

## 6.2. Tasa de crecimiento global máxima de la biomasa nitrificante ( $\mu_{A,max}$ )

$$\mu_{A,max} = \mu_A * (K_n + N_n) / N_n$$

$$N_n = 39 \text{ mg N-NH}_4 / \text{L}$$

Temperatura °C	$K_n$ (mg/l NH <sub>4</sub> -N)
10	0.45
15	0.59
20	0.77
25	1.0

Fuente: EPA - Long Island  
Soun Study. NY - 2000

Muestra	$\mu_{A,max}$ (d <sup>-1</sup> )	$[\mu_{A,max} - b_A]$ (d <sup>-1</sup> )
LM.ref	0,124	0,074
LM.31.10 (CP)	0,116	0,066
LM.31.10 (DP)	0,110	0,060
LM.02.11 (CP)	0,147	0,097
LM.02.11 (DP)	0,096	0,046

**$[\mu_{A,max} - b_A]$** : Representa el valor neto de la tasa de crecimiento máxima en condiciones actuales de pH y temperatura, y se suele utilizar para la determinación de la edad del fango mínima necesaria para la nitrificación.

$$\text{TRC mínima} = 1 / [\mu_{A,max} - b_A]$$

### Ejemplo

Para el fango de referencia:  $\text{TRC mínima} = 1 / [\mu_{A,max} - b_A] = 1 / 0,074 \approx 13 \text{ d.}$