

# **PULSO POR RESPIROMETRÍA A LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE UN PROCESO DE FANGOS ACTIVOS EN LA REMOCIÓN DE LA DQO**

Como práctica habitual, ante cualquier problema con el proceso de depuración, y antes de iniciar cualquier estudio o experimento con el fango activo, es fundamental conocer el estado del mismo en cuanto a su actividad biológica se refiere.

Una vez comprobado si su nivel de actividad es normal o por el contrario se sitúa fuera de lo normal, estaremos en condiciones de poder iniciar cualquier procedimiento de análisis, evaluación y diagnóstico. De otro modo, podemos encontrarnos perdidos y situarnos en la plataforma de la confusión.

Un analizador de respirometría puede disponer de los suficientes medios para de forma rápida y práctica conocer el estado de la actividad del fango y pasar a su evaluación.

Antes de pasar a describir las aplicaciones relacionadas con la valoración de la Actividad (en el apartado 1.2,), vamos a describir los modos en que un respirómetro tipo BM puede trabajar.

## **Abstract (English)**

To get bioactivity information in a timely manner through the respiration analysis would be a real breakthrough in better process control and it should be an obliged step before trying to go further in any control criteria, analysis or study.

Taking the pulse of the activated sludge means to classify it as a normal or abnormal as regard to its bioactivity when it is compared with standard tables or historical values. In this application respirometry has been demonstrating to be the only one tool capable to go ahead in a reliable diagnostic.

In this article we expose a few respirometry easy and practical methods that could be adapted to most of the types of waste water and industrial treatment plants.

**Palabras Clave del Artículo:** Respirometría, Tasa de Respiración, Actividad-Biológica, Fracción biodegradable. DQOb, DQOrb, DQOsb, OUR, SOUR, Rs, Rsp, F/M, Toxicidad

## **1. MODOS DE TRABAJO**

Los ensayos para este tipo de aplicaciones se realizan a través de sus dos modos de trabajo:

Modo OUR – Modo estático

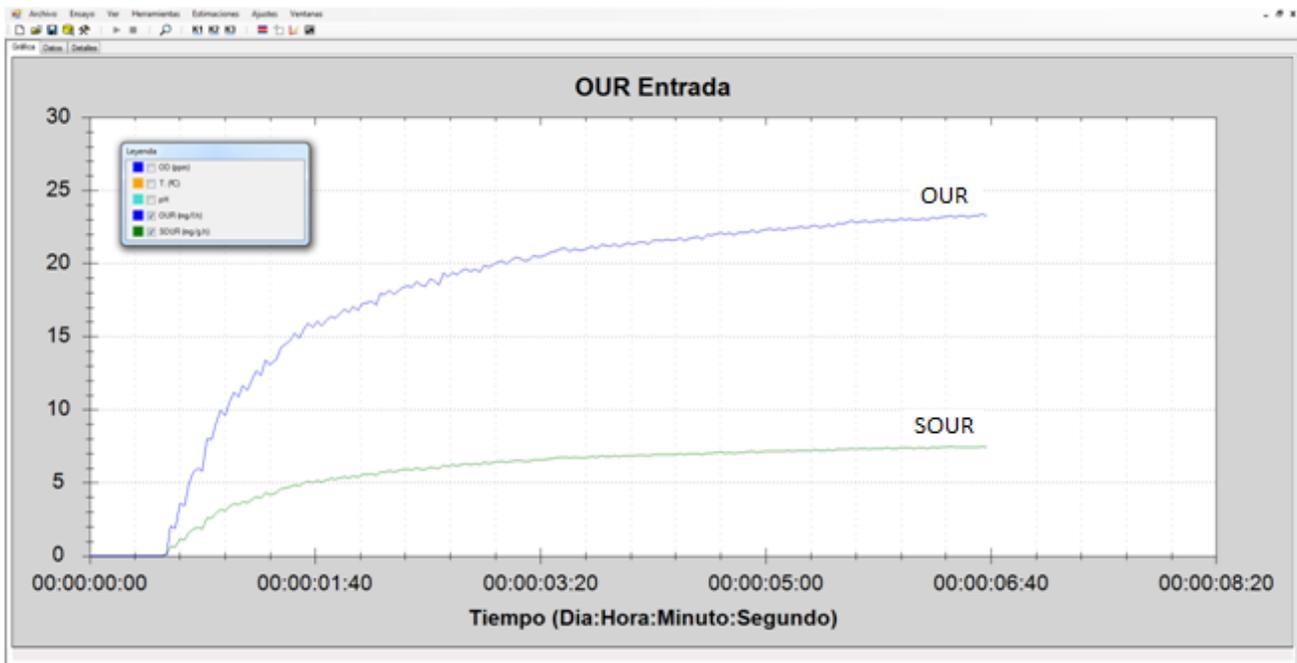
Modo R – Modo dinámico

Ambos modos deben llevarse a cabo mediante la utilización de un sistema de acondicionamiento de la temperatura del ensayo.

### **1.1. Modo OUR**

Al modo OUR lo denominamos también modo estático por llevarse a cabo bajo un única secuencia y en condiciones de no-recirculación del fluido.

El modo OUR está basado en la respirometría tradicional en donde, una vez alcanzado un nivel suficiente de oxígeno en el licor-mezcla, se para la oxigenación en el fluido y se mide en el tiempo la pendiente del oxígeno disuelto resultante de la respiración de los microorganismos. En el modo OUR se llevan a cabo dos tipos de medidas: OUR y SOUR



Respirograma OUR & SOUR en modo OUR

OUR (mg O<sub>2</sub>/l.h): Velocidad de consumo de oxígeno en el licor-mezcla.

SOUR (mg O<sub>2</sub>/g VSS.h): OUR específico (OUR = SOUR / VSS)

VSS (g/l): Concentración de sólidos volátiles

En los ensayos **OUR & SOUR** podemos distinguir cuatro tipos: el tipo **UNFED** (no alimentado), el **FED** (alimentado), el tipo **END** (endógeno) y el tipo **S**

### 1.1.1. UNFED OUR & SOUR

El UNFED OUR se aplica al licor-mezcla efluente del reactor biológico, si adición alguna de sustrato.

$$\text{UNFED SOUR} = \text{UNFED OUR} / \text{vss}$$

### 1.1.2. FED OUR & SOUR

El FED OUR se aplica a una mezcla equivalente al licor-mezcla del inicio del proceso en el reactor biológico. Para ello en el respirómetro el licor mezcla se formará en base a las siguientes relaciones:

$$V_m + V_{fr} = 1000 \text{ ml}$$

$$V_m/V_{fr} = Q_i/Q_r$$

V<sub>m</sub> (ml): Volumen de muestra en el respirómetro.

V<sub>fr</sub> (ml): Volumen de fango de recirculación en el respirómetro.

Q<sub>i</sub> (m<sup>3</sup>/d): Caudal influente.

Q<sub>r</sub> (m<sup>3</sup>/d): Caudal fango de recirculación.

$$(\text{FED SOUR}) = (\text{FED OUR}) / \text{VSS}$$

Al tener que crear nuestra propia mezcla, existe un procedimiento para la ejecución del ensayo:

Procedimiento:

1. Preparar previamente el fango de recirculación y agua residual influente en recipientes separados y tenerlos aireándose durante al menos 20 minutos.
2. Añadir el volumen correspondiente de fango de recirculación ( $V_{fr}$ ) en el vaso reactor del respirómetro.
3. Configurar un ensayo tipo OUR en el respirómetro.
4. Añadir el volumen correspondiente de agua residual ( $V_m$ ) en el vaso reactor.
5. Esperar un momento a que se agite y se mezcle.
6. Iniciar el ensayo, siguiendo las instrucciones del equipo.
7. Finalizar el ensayo cuando tengamos resultados coherentes después de un mínimo de 10 minutos.

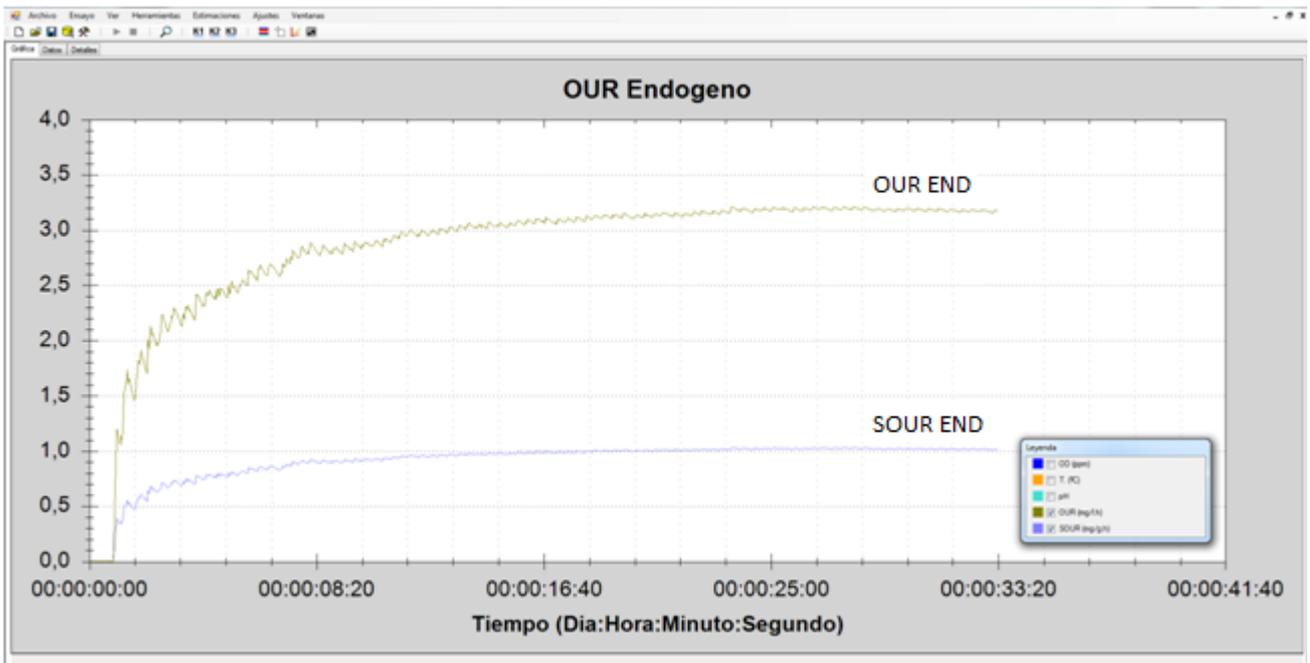
### 1.1.3. OUR END & SOUR END

Se refiere exclusivamente al fango en su fase de respiración endógena.

Lo podemos aplicar tanto al licor-mezcla del reactor como al fango de recirculación. Para ello, dejaremos que el fango activo degrade cualquier resto de sustrato residual.

Normalmente, al dejar el fango aireándose durante 24 horas, cualquier resto de sustrato queda eliminado y pasa a la respiración endógena.

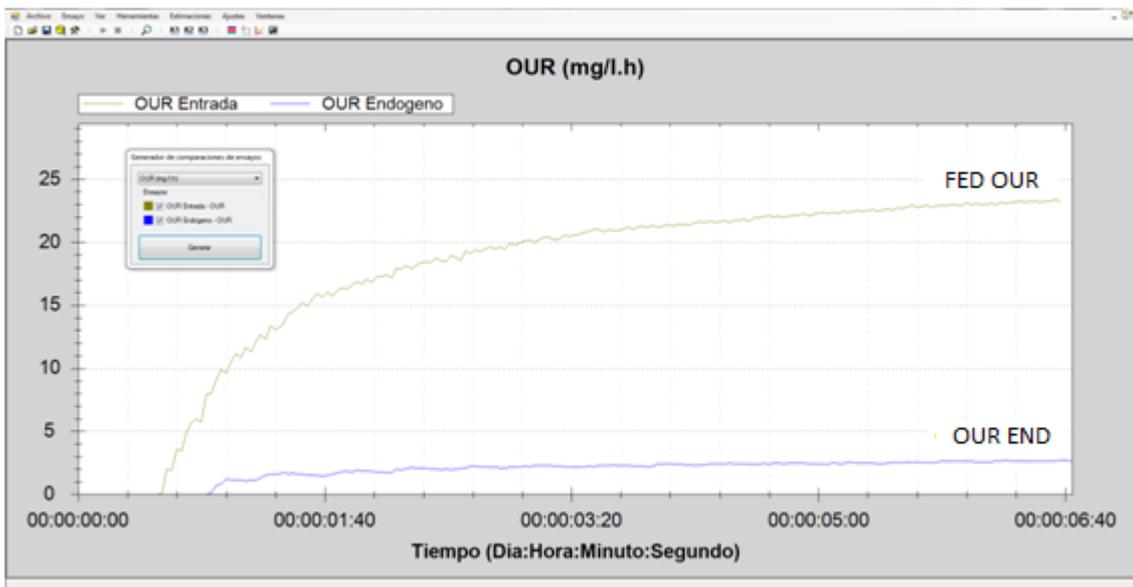
$$(\text{SOUR END}) = (\text{OUR END}) / \text{VSS}$$



Respirograma de la respiración endógena

### 1.1.4. OURs & SOURs

El OURs y SOURs se obtienen a partir de los valores FED y END.



$$(OUR_s) = (FED\ OUR) - (END\ OUR)$$

$$(SOUR_s) = (FED\ SOUR) - (END\ SOUR)$$

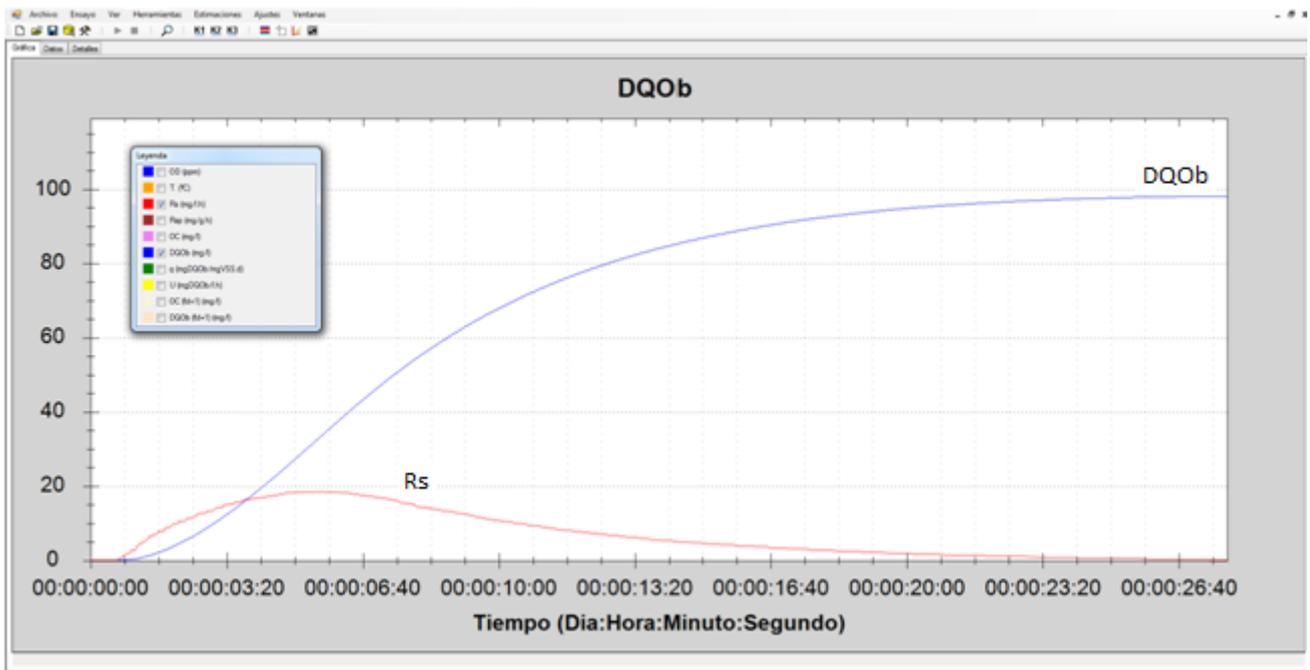
### 1.2. MODO R

Lo denominamos modo dinámico por el hecho de que siempre se lleva a cabo bajo el efecto de una constante recirculación en el reactor del respirómetro y las medidas se suceden sin interrupción alguna creando un respirograma de sucesión continua de puntos.

El modo R transcurre en dos fases:

1. Determinación de la línea base: Se establece, por software o a criterio del usuario, el nivel inicial de oxígeno como referencia para las medidas de Rs. Para esta línea base normalmente se utiliza fango activo en fase de respiración endógena.
2. Medida de la tasa de respiración dinámica y demanda de oxígeno: Se añade un determinado volumen de muestra y desde la línea base se llevan a cabo las medidas de forma continua.

La característica fundamental del modo R es la ventaja de poder analizar, mediante la visualización de un respirograma, la evolución de la respiración del fango a lo largo del tiempo sin interrupción alguna.



Respirograma de las tasas de respiración en modo R y DQOb

En el modo R se evalúan tres parámetros fundamentales:  $R_s$ ,  $R_{sp}$  y  $DQOb$

### 1.2.1. $R_s$

$R_s$  (mg/l.h) es la tasa de respiración exógena dinámica, referida exclusivamente a la demanda de oxígeno por degradación del sustrato.

Sus aplicaciones se basan en el análisis de la trayectoria de su evolución cuando los VSS permanecen invariables y en valoraciones de inhibición / toxicidad.

$R_s$ , nos ofrece la base de cálculo para la demanda de oxígeno acumulada en el tiempo ( $DQOb$ )

### 1.2.2. $R_{sp}$

$R_{sp}$  (mg/g.h) es la tasa específica de respiración exógena dinámica.

Se trata de la actividad biológica puntual de cada uno de los valores de  $R_s$ .

Sus aplicaciones se basan en el análisis de su trayectoria, de los valores obtenidos a tiempo fijo y del máximo valor alcanzado ( $R_{sp,max}$ ) en el ciclo de degradación de la muestra añadida.

### 1.2.3. $DQOb$

Tomamos a la  $DQOb$  (mg  $O_2$ /l) como la demanda de oxígeno provocada por un determinado volumen de muestra en el fango activo genuino del reactor biológico de una planta depuradora, para la metabolización del sustrato degradable llevado a cabo por los microorganismos contenidos en dicho fango. Equivale a la fracción biodegradable de la  $DQO$ .

Cuando al licor se le añade el inhibidor de nitrificación, la  $DQOb$  se refiere exclusivamente a la demanda de oxígeno correspondiente a la fracción orgánica carbonosa contenida en la muestra.

Como inhibidor de la nitrificación normalmente utilizaremos Allylthiourea en la proporción de 1,5 mg por cada gramo de MLVSS. Pero será mejor determinar la cantidad más adecuada para un fango específico.

En la DQOb referida a la fracción orgánica incluimos fracción rápidamente biodegradable (DQOrb) y la fracción lentamente biodegradable (DQOlB)

En un respirograma completo en donde se incluyan ambas fracciones, haciendo uso del zoom, podemos separar la fracción DQOrb de la DQOlB. No obstante, si se utiliza una muestra de agua residual soluble verdadera (decantada con coagulante y filtrada a 0,45 micras) el valor de la DQOb obtenido correspondería al de la DQO soluble rápidamente biodegradable (DQOrb)

El respirómetro a utilizar debe estar dotado de los medios necesarios para calcular no solamente el valor final de la demanda de oxígeno, sino además los valores parciales en función del tiempo.

También se pueden distinguir (en el caso de que así suceda) distintas zonas y diferentes grados de degradación de la materia orgánica de acuerdo a los componentes de la muestra. Por esta razón, también podremos determinar por separado el valor de la DQORB y DQOLB.

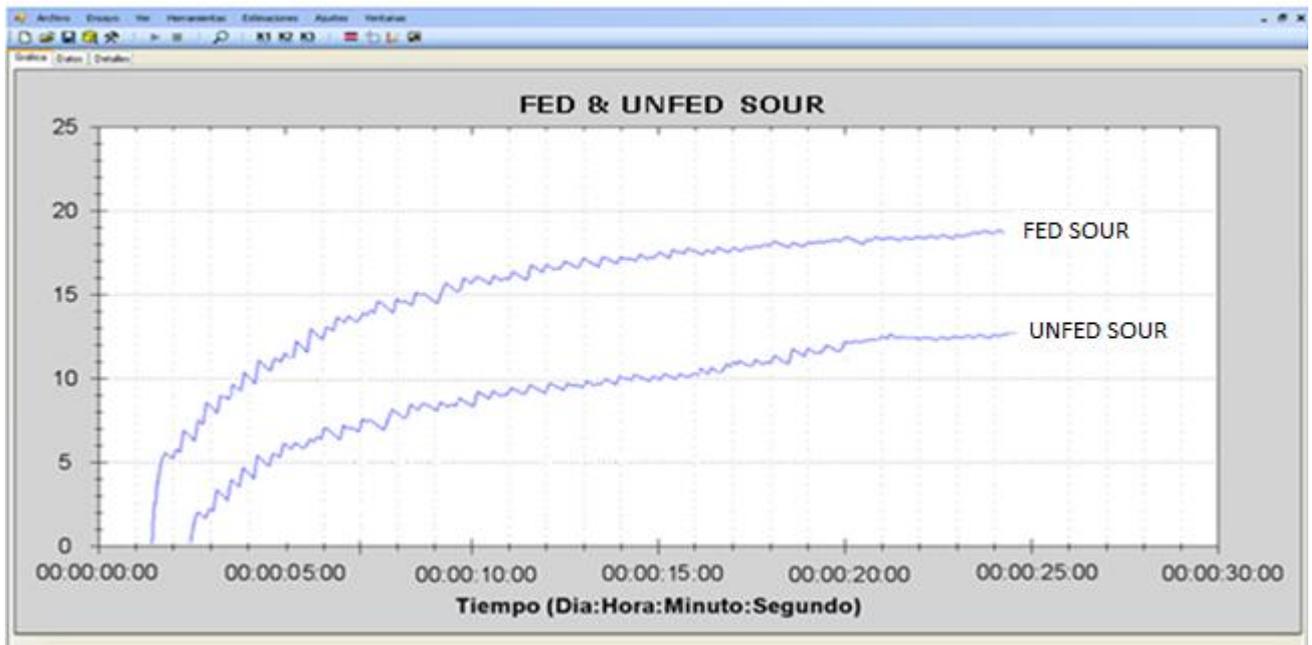
## 2. PULSO AL ESTADO DEL FANGO ACTIVO Y PROCESO

De forma habitual y ante cualquier problema o sospecha sobre una posible anomalía en la actividad del fango, debemos recurrir a tomar el pulso del estado del fango y su proceso.

### 2.1. Actividad por Factor de Carga

Denominamos factor de carga (LF: Load Factor) a la relación entre FED OUR y UNFED OUR.

$$LF = (FED\ OUR) / (UNFED\ OUR)$$



Comparación de UNFED vs FED

LF se valora en base a la siguiente tabla:

LF	Diagnóstico
LF < 1	Carga inhibitoria o tóxica
1 < LF < 2	Carga diluida o estabilizada
2 < LF < 5	Carga aceptable
LF > 5	Posibles problemas de oxigenación

## 2.2. Actividad por UNFED SOUR

El UNFED SOUR tiene una estrecha relación con la edad del fango (MCRT) e indirectamente con F/M. Al tomar el pulso a un proceso de depuración probablemente el primer parámetro a medir sería el UNFED SOUR y llevar a cabo una valoración de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla guía (valores habituales)

Carga Máfica F/M DBO/SS.d	TRC d	UNFED SOUR Referencia mg O <sub>2</sub> /g.h
> 0.4	2 - 4	6 - 18
0.2 < F/M < 0.4	4 - 10	4 - 15
0,07 < F/M < 0.2	10 - 30	3 - 12
< 0,07	10 - > 30	2 - 6

Valoración primaria

UNFED SOUR actual vs. referencia (tabla)	Valoración
>> referencia	SOBRECARGA
En rango de referencia	Buen rendimiento
< referencia	Baja carga
<< referencia	Muy baja carga Síntoma de Toxicidad

## 2.3. Actividad por SOUR<sub>s</sub> y su relación con F/M

Se trata del análisis del parámetro cinético **a** que puede valorarse como la relación entre SOUR<sub>s</sub> y F/M.

$$a = \text{SOUR}_s / \text{F:M}$$

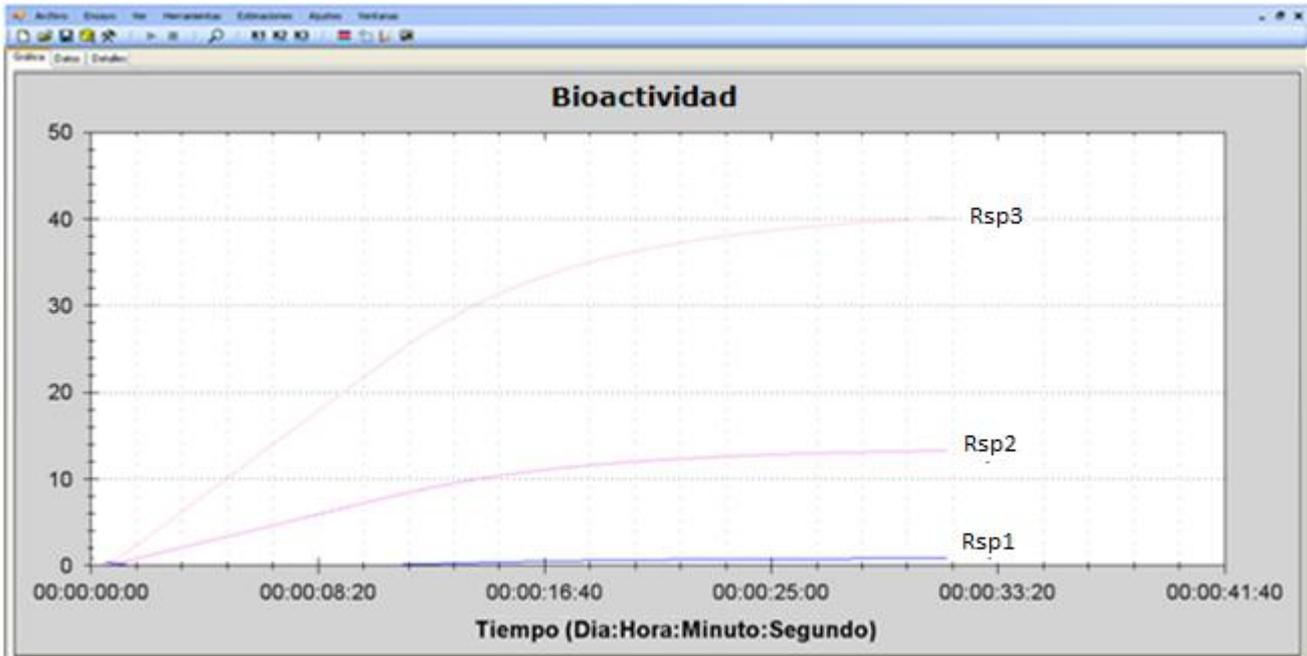
**a** se valora en base a la siguiente tabla

a	Planta
0,52 - 0,70	Urbana
0.40 - 0.77	Refinería
0,31 - 0, 76	Química & Petroquímica
0,48	Cervecera
0,65 - 0,80	Farmacéutica

En realidad se trata de la actividad biológica que adquiere un fango (FED SOUR) para una determinada carga másica (F/M).

## 2.4. Actividad por Rsp

En esta aplicación valoramos la actividad en base comparativa al comportamiento de un compuesto standard del que, para una determinada concentración y volumen ya conocemos su  $R_s$  y  $R_{sp}$  a tiempo fijo o sus valores máximos.



Respirograma de la superposición de distintos valores Rsp

Esta aplicación se basa en el seguimiento de los valores  $R_s$  y  $R_{sp}$  (principalmente  $R_{sp}$ ) bajo unas mismas condiciones.

Una disminución progresiva de la tasa de respiración máxima a lo largo del tiempo nos implicaría un posible debilitamiento de la actividad del fango por causas inherentes a sus condiciones físico-químicas o bien a un efecto de inhibición o toxicidad lenta.

En condiciones de debilitamiento del fango lo más probable es que el resto de aplicaciones, relacionadas con el pulso a la actividad, también se encuentren afectadas.

## 3. Bibliografía

Ron Sharman (sharman @ linnbenton.edu), Water and Wastewater Technology, LBCC- 2003  
Water Environment Federation: Basic Activated Sludge Control – 1994 & Operating Activated Sludge Using Oxygen Uptake – 1989, Tratamiento de Aguas Residuales: R.S. Romalho – 1990

Emilio Serrano  
Especialista en Respirometría