

Estudio respirométrico de un proceso de fangos activos bajo el estado de bulking en una planta urbana

Emilio Serrano & Josep Xavier Sensada

SURCIS

Datos relevantes del proceso (extraídos de la ficha técnica)

Parámetro (valor medio)	Modo / Valor	Fecha	Descripción / Comentario
* Tipo de proceso	MEZCLA COMPLETA	18/2/14	
* Nitrificación / Desnitrificación	NO		Especificar si existe o no en el proceso
* Temperatura actual media en el biológico / día / noche	18.6° C	1/2/14-16/2/14	
* DQO (mg/l) media de agua de entrada a biológico	276 mg/L	1/2/14-16/2/14	
* DBO ₅ (mg/l) media de agua de entrada a reactor biológico (mg/l)	148 mg/L	1/2/14-16/2/14	
* DQO (mg/l) media en efluente	50 mg/L	1/2/14-16/2/14	
DBO ₅ (mg/l) media efluente	11mg/L	1/2/14-16/2/14	
* Amonio (mg/l) medio de entrada / Salida	35-29 mg N /L	1/2/14-16/2/14	Nitrógeno amoniacal (N-NH ₄ ⁺)
Nitrato (mg/l) medio al final de la zona anóxica	0.7 mg N/L SALIDA	1/2/14-16/2/14	Solo en el caso de que exista Desnitrificación
Caudal medio Q (m ³ /h) de entrada a reactor biológico	1450 m ³ /h	1/2/14-16/2/14	
% Caudal fango Recirculación vs. caudal influente	50 %	1/2/14-16/2/14	r = 0.5
Caudal del fango de recirculación (m ³ /h)	740 m ³ /h	1/2/14-16/2/14	
Caudal del fango de purga (m ³ /h)	45 m ³ /h	1/2/14-16/2/14	45 * 24 = 1080 m ³ /d
Volumen (m ³) zona aerobia del reactor biológico	5400		2 REACTORES DE 2700 m ³ CADA UNO
* MLSS & MLVSS (mg/l) medio del fango actual en reactor biológico	1260 mg/L y 84 % MLVSS	1/2/14-16/2/14	
MLSS & MLVSS (mg/l) medio del fango de recirculación	2400 mg/L Y 85 % MLVSS	1/2/14-16/2/14	
Tiempo (h) medio de Retención Hidráulica total de la zona aerobia	3-4 HORAS ≈ 0.155 días		
* Θ media: Edad del Fango (d)	3 DÍAS	1/2/14-16/2/14	
* F/M: Carga Másica	0.5 ??	1/2/14-16/2/14	Carga másica real 148 / 1260 * 0.146 = 0.8
IVF (mg/l) media	320	1/2/14-16/2/14	> 200 → Bulking

* Oxígeno Disuelto en biológico inicio – medio – final	1 ppm	1/2/14- 16/2/14	A ser posible: OD del final del reactor, al inicio y en el medio.
Tipo de aireación	TURBINAS		
Transferencia Oxígeno del sistema actual de aireación (Kg O₂/kW.h)	1-1.2		
Kg O₂/día del sistema actual de aireación	7000-8000 kg OX/Día		SOTR del sistema de aireación
C/N/P en Proceso Biológico	DBO/N/P: 148/35-43/4.6-5.1 DQOS/N/P: 103/35-43/4.6-5.1		PARA N AMONIACAL- N TOTAL Y P SOLUBLE- P TOTAL
* Nitrógeno total (mg/l) medio en efluente	35 mg N/L		
* Fósforo total (mg/l) soluble en efluente	3.1 mg P/L		
Nitrito (mg/l) en efluente	0.11 mg N/L		Nitrificación no controlada cuando aumenta la temperatura. Nunca ha dado problemas de desnitrificación en dec sec.
* En caso de que los fangos activos presenten espumas: color de las espumas	COLOR CLARO		
* Microorganismos filamentosos	T021N/GALO		
* Conductividad en influente	984 MicroS		
* Grasas & Aceites	98 mg/L		

Datos de las muestras obtenidos en Surcis

Dato	Parámetro	Valor (mg/l)	Comentario
DQO influente a biológico	DQO	290	
DQO estándar orgánico (Acetato sódico)	DQO _{ac}	300	

Problema detectado desde los datos de la ficha técnica

BULKING:

- IVF > 200 (actual 320)
- Espumas
- Presencia de microorganismos filamentosos (T021/GALO)

Objeto del estudio

El presente estudio se refiere exclusivamente al proceso de fangos activos del reactor biológico.

El objetivo del estudio se basa en tratar de descubrir el origen del problema detectado en el proceso de fangos activos.

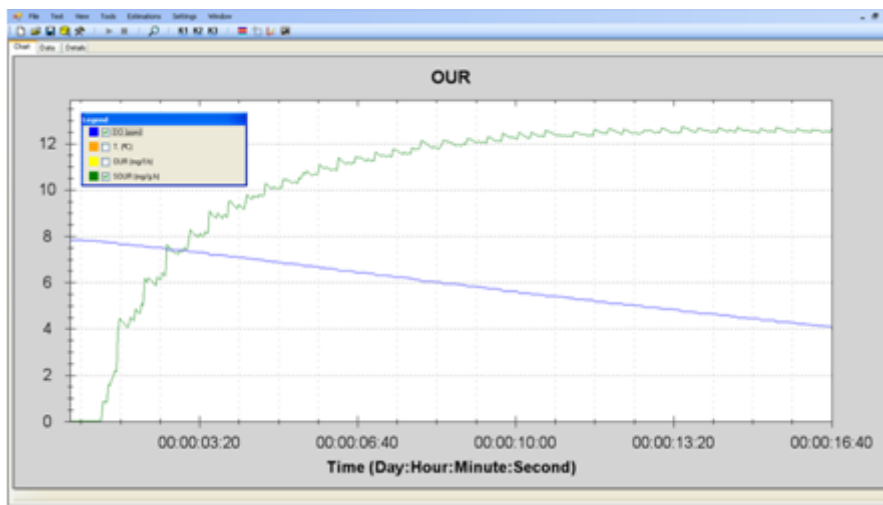
Para ello se seguirán los siguientes pasos :

1. Pulso al proceso
2. Actividad biológica de la biomasa en fase endógena.
3. Concentración de biomasa activa.
4. DQO soluble rápidamente biodegradable
5. Análisis de la carga másica actual
6. Parámetros operacionales para calibración del proceso
7. Conclusiones

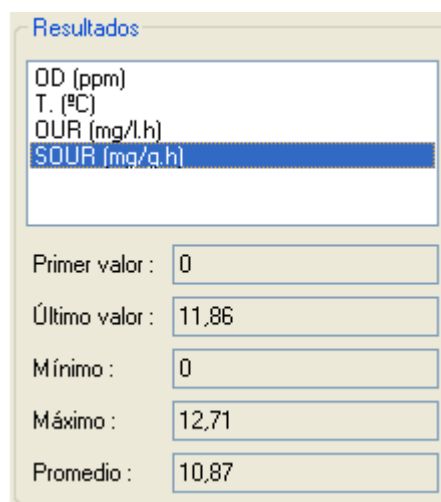
1. Pulso al proceso

1.1. Pulso al proceso - Tasa de respiración específica del final del proceso: UNFED SOUR

Obtenemos un pulso al proceso por medio del valor SOUR del licor mixto efluente (final del proceso) al comparar su valor con una tabla de referencia



Respirograma del UNFED SOUR



Detalle de resultados

Tabla de referencia

Carga Máxima F/M DBO/SS.d	TRC d	UNFED SOUR Referencia mg O ₂ /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

Tabla de valoración

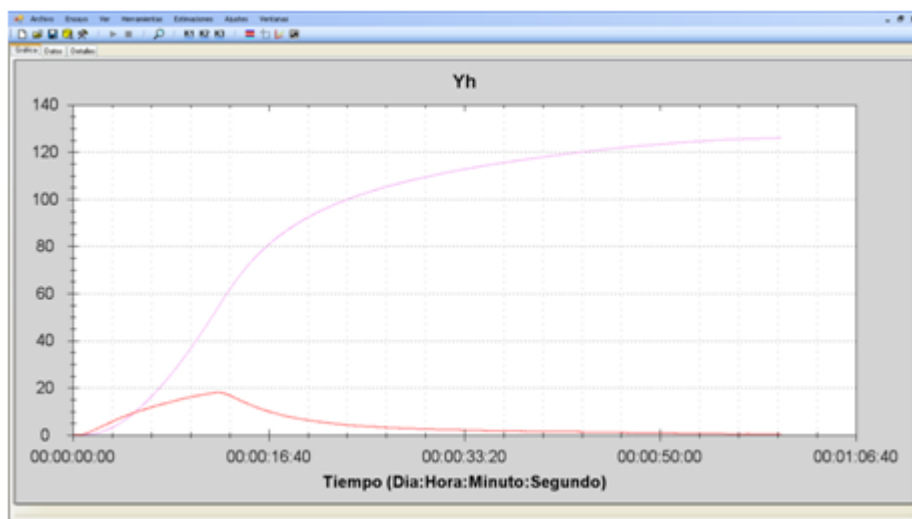
Parámetro	Aplicación	Resultado	Rango	Valoración
UNFED SOUR	Pulso al estado general del proceso	12,71 (mg O ₂ /gSS.h)	Ver tabla	Normal

1.1.1. Análisis del resultado del UNFED SOUR

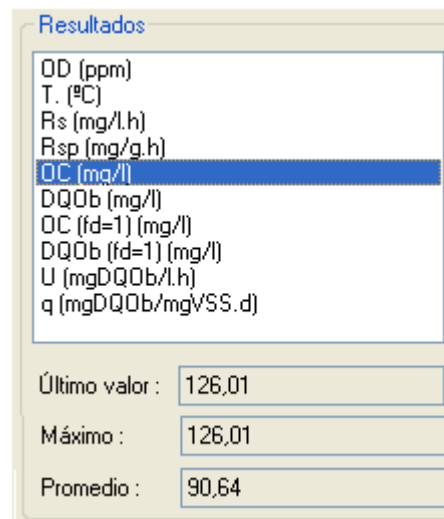
Según la tabla de referencia, el proceso tiene una actividad normal y, en principio, no hay síntomas de inhibición alguna.

1.2. Coeficiente de rendimiento del crecimiento de la biomasa heterótrofa: Y_H

La Y_H se determina mediante un ensayo de respirometría utilizando una solución estándar de acetato sódico de 300 mg/l de DQO (DQO_{ac})



Respirograma del OC y Rs



Detalle de resultados

$$Y_{H,DQO} = 1 - CO / DQO_{ac} = 1 - 126 / 300 = 0,58 \text{ (O}_2\text{/DQO)}$$

$$Y_{H,VSS} = Y_{H,DQO} / 1,42 = 0,58 / 1,42 = 0,41 \text{ (VSS/DQO)}$$

Parámetro	Aplicación	Resultado	Rango	Valoración
$Y_{H,DQO}$	Reproducción biomasa	0,58 (O ₂ /DQO)	0,60 - 0,80	Algo bajo
$Y_{H,VSS}$	& Síntoma de Toxicidad	0,40 (VSS/DQO)	0,42 - 0,55	Baja producción de biomasa

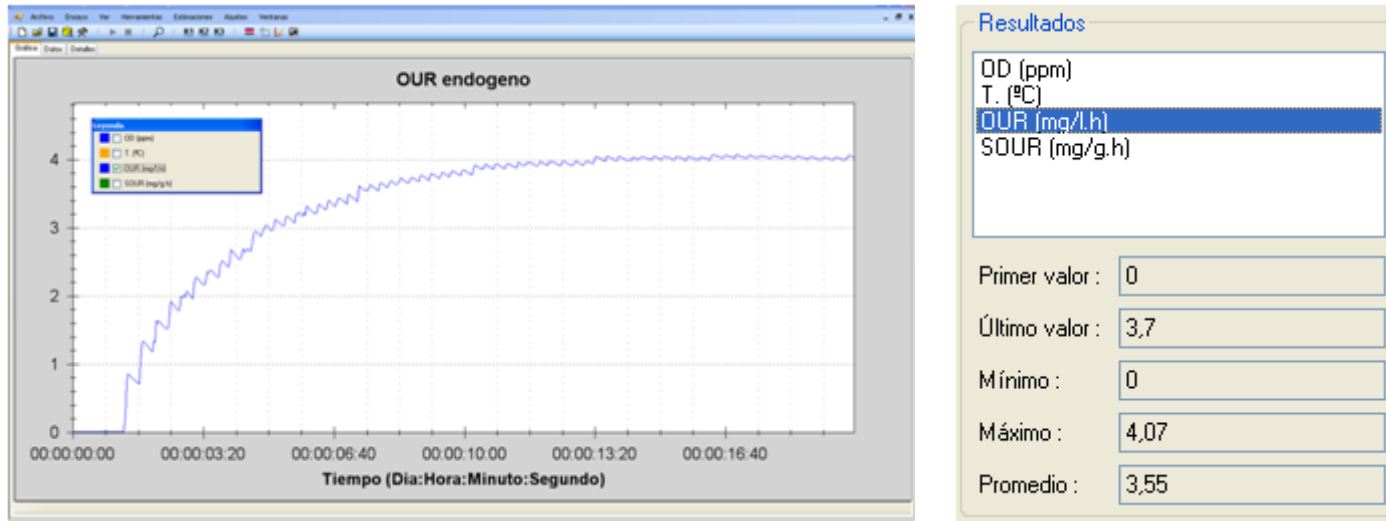
1.2.1. Análisis del resultado de la Y_H

El valor de la Y_H se sitúa algo por debajo del valor mínimo del rango normal. Ello significa que el crecimiento de la biomasa puede ser algo bajo.

2. Actividad biológica en fase endógena

2.1. Tasa de respiración endógena (OUR_{end})

Se determina la tasa de respiración (OUR) de la respiración endógena por medio de un ensayo OUR realizado con fango del final del reactor biológico después de haberse sometido a una sobreaireación durante un periodo > 12 horas.



Parámetro	Aplicación	Resultado	Rango (proceso actual)	Valoración
OUR _{end}	Concentración de biomasa activa	4.07 (mg O ₂ /l.h) 97,68 (mg O ₂ /l.d)	2.64 - 4.76 (mg O ₂ /l.h)	Normal.

Valor medio habitual del OUR_{end}: (0,0025 a 0,0045) * MLVSS

Valor que debería tener el OUR_{end} en el fango actual: entre 0,0025 * 1058 = 2,64 mg/l.h y 0,0045 * 1058 = 4.76 mg/l.h

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

2.1.1. Análisis del resultado de la respiración endógena

El valor del OUR_{end} está en rango. Por lo tanto, la actividad de la biomasa es normal para la concentración de MLVSS actual.

3. Concentración de biomasa activa

3.1. Concentración de la biomasa activa heterótrofa (X_H)

$$X_H = \text{OUR}_{\text{end}} / (f_{\text{cv}} * b)$$

$$\text{OUR}_{\text{end}} (\text{mg/l.d}) = 97,68$$

$$f_{\text{cv}} (\text{O}_2/\text{X}): \text{Demanda de oxígeno por unidad de biomasa} = 1,42$$

$$b_H (\text{d}^{-1}): \text{Tasa de decaimiento} = 0,24. 1,04^{(t-20)} \approx 0,23$$

Rango de valores habituales de X: entre 14 y 25 % de MLVSS

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

$$X_H = 97,68 / (1,42 * 0,23) = 299 \text{ mg/l}$$

$$F_X: \text{Porcentaje de } X_H \text{ en MLVSS} = 100 * 299 / 1058 = 28 \%$$

Parámetro	Aplicación	Resultado	Rango (proceso actual)	Valoración
X	Concentración de biomasa activa	299 (mg O ₂ /l.h)		
F _X	% de biomasa activa en MLVSS	28 (%)	15 – 30 (%)	Normal

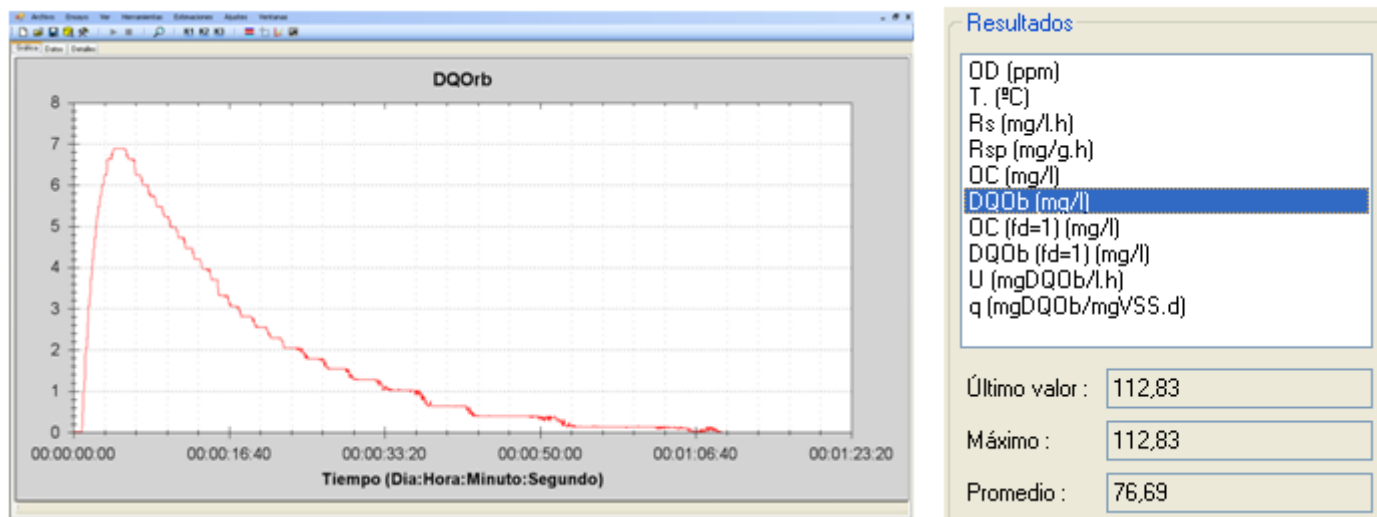
3.1.1. Análisis del resultado ee la concentración de biomasa activa

El valor del 28 % está en rango (15 – 30 %). Ello nos confirma la coherencia de la actividad biológica con la concentración de MLVSS actual y que la actividad de la biomasa en su estado endógeno es normal.

4. DQO soluble rápidamente biodegradable

4.1. DQO soluble rápidamente biodegradable (DQOrb)

La DQOrb se determina mediante un ensayo de respirometría utilizando un volumen determinado de agua residual soluble (filtrada a 0,45 micras) y fango activo libre de sustrato.



DQOrb = 112 mg/l

rb = $100 * 112 / 290 = 38 \%$

Parámetro	Aplicación	Resultado	Rango	Valoración
DQOrb rb	DQO soluble biodegradable % de DQOrb en DQO total	112 (mg /l) 38 (%)	43 – 87 (mg/l) 15 – 35 (%)	Alto Alto

4.1.1. Análisis del resultado de la DQOrb

El valor de 112 mg/l representa aproximadamente un 38 %.

Este valor está algo elevado y en casos de carga másica elevada puede representar un problema de generación de filamentosa y espumas (blancas)

5. Análisis de la carga másica actual

5.1. Carga másica actual media (desde datos de la ficha técnica)

$$F/M = \text{DBO} / (\text{MLSS} * \text{TRH}) = 148 / (1260 * 0,14) = 0.84$$

DBO = 148 mg/L

MLSS = 1269 mg/L

TRH = 3,5 h = 0,14 d

Parámetro	Aplicación	Resultado	Rango	Valoración
F/M	Carga másica	0.84 (DBO/SS.d)	0,2 - 0,6	Alto

5.1.1. Análisis del resultado de la carga másica por DBO

El valor de 0,84 es excesivo. Puede ocasionar problemas puntuales de sobrecarga y, con una DQOrb alta, puede devenir en bulking.

<i>Tipo de Proceso</i>	<i>E</i>	<i>TRC</i>	<i>F/M</i>	<i>X</i>	<i>Q/Q_o</i>
Convencional	85-95	5-15	0.2-0.4	1500-3000	0.25-0.5
Aireación Escalonada	85-95	5-15	0.2-0.4	1500-3000	0.25-0.5
Reactor Mezcla Completa	85-95	5-15	0.2-0.6	3000-6000	0.25-1.0
Aireación Extendida	75-95	20-30	0.05-0.15	3000-6000	0.75-1.5
Oxígeno Puro	85-95	8-20	0.25-1.0	6000-8000	0.25-0.50

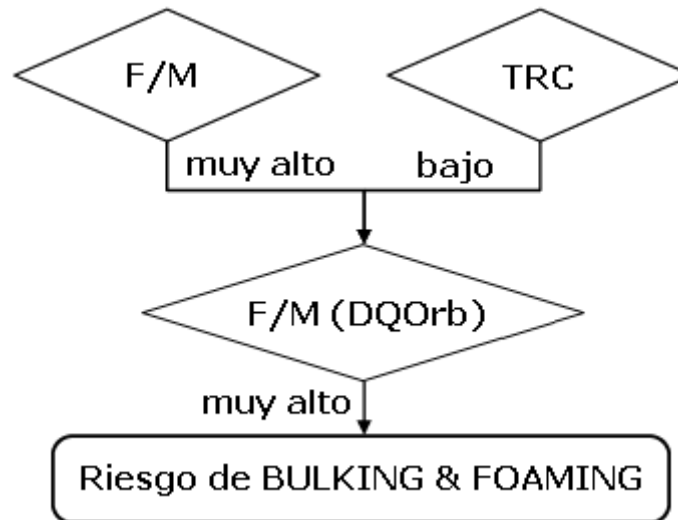
5.2. Carga másica actual por DQOrb

$$F/M \text{ (DQOrb)} = DQOrb / (MLSS * TRH) = 112 / (1260 * 0,14) = 0.63$$

Parámetro	Aplicación	Resultado	Rango habitual	Valoración
F/M (DQOrb)	Carga másica por DQOrb	0.63	0,15 - 0,4	Alto

5.2. 1. Análisis de la carga másica por DQOrb

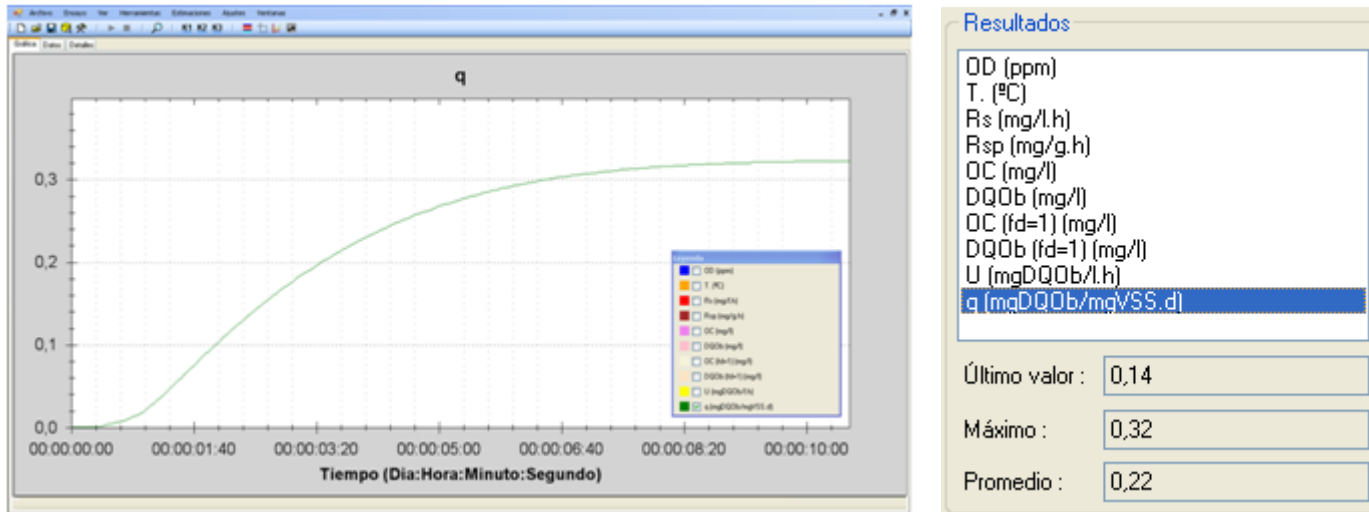
Como consecuencia de un valor de carga másica (por DBO) alto y un % de DQOrb elevado, el valor de la carga másica por DQOrb es excesivo y puede ser el causante del bulking (IVF = 320) con presencia filamentosas (T021N) y espumas.



Fuentes: Univ. Nancy – Escuela Nacional Superior de Industrias Químicas.
Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants – Task Force of WEF

5. Parámetros operacionales para la calibración del proceso

4.2. Tasa específica máxima actual de utilización del sustrato soluble (q)



$$q_H \text{ (g CODs/gVSS.d)} = q * [OD / (K_{OD} + OD)] = 0,32 * [1 / (0,2 + 1)] = 0,26$$

$$K_{DBO} = DBO / DQOrb \approx 1,3 \quad K_{MLSS} = 0,84$$

$$q_H \text{ (DBO/MLSS.d)} = K_{DBO} * K_{MLSS} * q_H \approx 0,84 * 1,3 * 0,26 = 0,28$$

Parámetro	Aplicación	Resultado	Rango habitual	Valoración
q_H $q_H(\text{DBO.MLSS})$	Tasa específica de utilización de la DQO soluble q_H referida a DBO y MLSS	0.26 (CODs/VSS.d) 0.28 (DBO/MLSS.d)	0,15 – 0,4 0,2 – 0,6	Normal en rango Bajo al compararse con F/M actual

4.2.1. Análisis del valor de q_H

En cualquiera de las opciones el valor de q_H queda muy por debajo de la F/M y, por lo tanto, confirma que el valor de la carga másica actual es excesivo para la velocidad con que se está eliminando la DQO & DBO.

4.3. Carga másica teórica máxima para la calibración del proceso

$$F/M_{(MLSS)} = q_H = 0,28 \text{ (DBO/MLSS.d)}$$

$$F/M_{(MLVSS)} = 0,28 / 0,84 = 0,33 \text{ (DBO/MLVSS.d)}$$

Parámetro	Aplicación	Resultado	Rango habitual	Valoración
F/M _(MLSS) F/M _(MLVSS)	Carga másica teórica por DBO y MLSS Carga másica por DBO y MLVSS	0,28 0,33	0,2 - 0,4	Normal Normal

4.3.1. Análisis de la carga másica teórica

El valor de 0.28 es un valor adaptado a la situación actual en que se encuentra el proceso y, según tablas de referencia, se ajusta al rango normal para este tipo de proceso.

Tipo de Proceso	<i>E</i>	<i>TRC</i>	<i>F/M</i>	<i>X</i>	<i>Q/Q_o</i>
Convencional	85-95	5-15	0.2-0.4	1500-3000	0.25-0.5
Aireación Escalonada	85-95	5-15	0.2-0.4	1500-3000	0.25-0.5
Reactor Mezcla Completa	85-95	5-15	0.2-0.6	3000-6000	0.25-1.0
Aireación Extendida	75-95	20-30	0.05-0.15	3000-6000	0.75-1.5
Oxígeno Puro	85-95	8-20	0.25-1.0	6000-8000	0.25-0.50

Es posible que si el proceso no se encontrara bajo el estado de bulking, la tasa de utilización de sustrato fuera mayor y podría tener una F/M mayor. Por ello, reduciendo progresivamente la F/M (aumentando la concentración de MLSS) el proceso podría entrar en fase de recuperación. Para comprobar la fase de recuperación, se debería realizar diariamente una determinación del valor de la q_H (por respirometría)

4.4. Edad del fango mínima coherente con la carga másica teórica

$$TRC = 1 / (F/M_{(MLVSS)} * Y_{H.VSS}) = 1 / (0.33 * 0.41) = 7 \text{ d}$$

Parámetro	Aplicación	Resultado	Rango habitual	Valoración
TRC	Edad del fango teórica	7 d	5 - 15	Normal

4.4.1. Análisis de la edad del fango

El valor de 7 días es un valor adaptado a la situación actual en que se encuentra el proceso y, al igual que la F/M teórica, se ajusta al rango normal para este tipo de proceso.

5. Conclusiones

5.1. Conclusiones

1. El proceso no se encuentra bajo estado de inhibición / toxicidad alguno.
2. La salud de la biomasa es normal.
3. La carga másica actual (0,8) se encuentra muy por encima del rango habitual de este tipo de proceso (0,2 – 0,6)
4. El % de la DQO soluble rápidamente biodegradable vs DQO total (38%) está algo por encima del rango habitual (15 – 30 %). Con la carga másica elevada, da lugar a una carga másica de la DQOrb (0,63) muy por encima del rango habitual (0,15 – 0,4)
5. De acuerdo con la tasa actual de utilización del sustrato, la carga másica (en unidades normales) con que el proceso debería operar debería tener un valor máximo de 0,28 y una edad del fango mínima de 7 días.
6. Por lo expuesto en los puntos 3 a 5 y datos aportados en la ficha técnica, se puede deducir que el fenómeno bulking puede aparecer por las el efecto combinado de las siguientes razones:
 - a. Excesiva carga másica acompañada de un relativo elevado % de DQOrb, lo que da también lugar a una muy elevada carga másica de la DQOrb.
 - b. Fango excesivamente joven, con un TRC de 3 días (según ficha técnica)
 - c. Nivel de oxígeno disuelto (1 mg/l) algo bajo para una elevada carga másica.

Fecha: 10 de Marzo, 2014

SURCIS, S.L.

Tel. +34 932 194 595 / +34 652 803 255

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

Internet: www.surcis.com