

# Valoración y seguimiento de un sistema de aireación por difusores



**SURCIS**

# La base de una valoración y seguimiento del sistema de aireación por difusores se obtiene desde la relación del requerimiento de oxígeno con el caudal de oxígeno suministrado

La forma coherente de evaluar los sistemas de aireación por difusores de forma global es la de relacionar el requerimiento de oxígeno de la carga afluyente (AOR) con el caudal de oxígeno que se está suministrando al proceso ( $Q_{O_2}$ ). Con ello, se está contrastando la necesidad de oxígeno de la carga afluyente con el oxígeno que se proporciona para su tratamiento dando paso al parámetro de la eficiencia de transferencia de oxígeno en proceso ( $OTE_f$ )

$$OTE_f (\%) = 100 * AOR / Q_{O_2}$$

El complemento a la  $OTE_f$  es la relación del AOR con el requerimiento estándar de oxígeno (SOR) que da lugar al AOR/SOR:

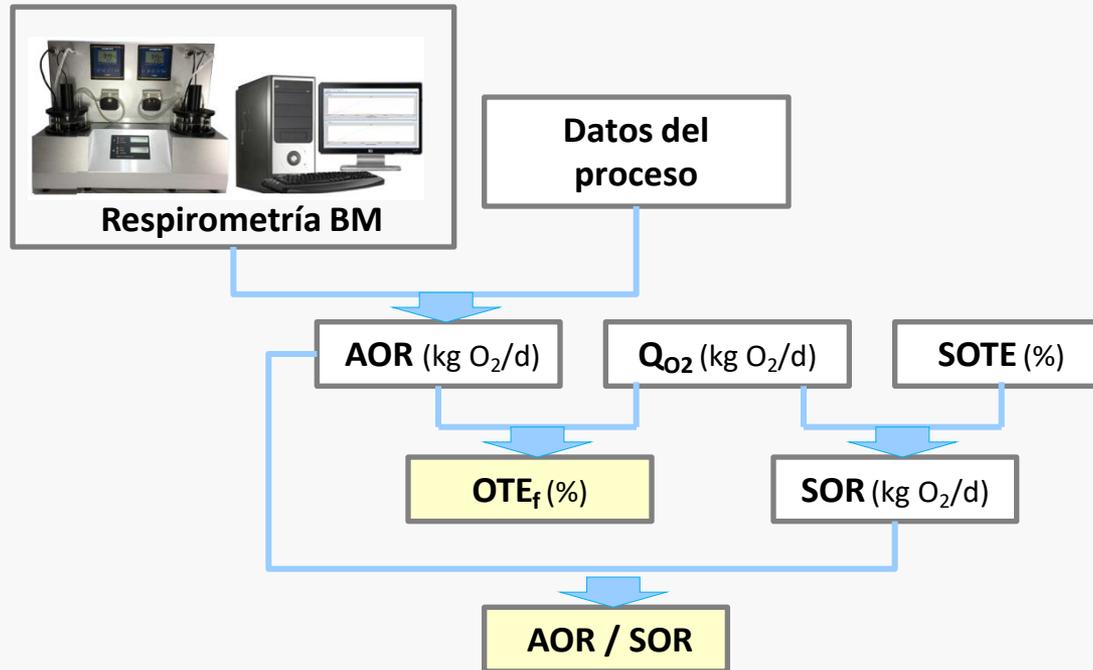
$$AOR/SOR = AOR / (SOTE * Q_{O_2})$$

$OTE_f$ , AOR/SOR y parámetros derivados, se pueden utilizar con una eficaz herramienta para la evaluación y seguimiento de los sistemas de aireación por difusores, pudiendo alertar de lo siguiente:

- **aireación insuficiente**
- **sobreaireación**
- **falta de mantenimiento (limpieza)**
- **cambio de membranas**
- **posibilidad de optimización energética**

...

# Diagrama básico para la obtención de parámetros básicos para la evaluación y seguimiento de un sistema de aireación por difusores



**Respirometría BM:** Obtención de la DQO biodegradable DQOb (mg/L) y producción de fango ( $P_x$ )

**Datos del proceso:** Caudal ( $m^3/d$ ), NTK a eliminar (mg N/L), Nitrito a eliminar (mg  $NO_3/L$ )

**AOR:** Requerimiento actual de oxígeno ( $kg O_2/d$ )

**$Q_{O_2}$ :** Caudal de oxígeno suministrado por el sistema de aireación ( $kg O_2/d$ )

**SOTE:** Eficacia estándar de la transferencia de oxígeno (%) – calculado desde la curva suministrada por el fabricante –

**SOR:** Requerimiento estándar de oxígeno (%)

**$OTE_f$ :** Eficiencia de la transferencia de oxígeno en el proceso (%)

**AOR/SOR:** Ratio entre el requerimiento actual y estándar de oxígeno

# Parámetros básicos

***SURCIS***

# Requerimiento actual de oxígeno

## AOR (kg O<sub>2</sub>/d)

Se refiere al requerimiento de oxígeno de la carga de entrada para su oxidación biológica.

Incluye tres requerimientos parciales:

-Requerimiento por materia orgánica:  $AOR_C = Q * DQOb_e / 1000 - 1,42 * P_x$

-Requerimiento por nitrificación:  $AOR_N = 4,57 * Q * N_n / 1000$

-Requerimiento por desnitrificación:  $AOR_{DN} = 2,28 * Q * N-NO_3 / 1000$

(Metcalf & Eddy - 2003, Henze, et al 2008)

En donde:

Q: Caudal de entrada a proceso (m<sup>3</sup>/d)

bCOD<sub>e</sub>: DQO biodegradabl eliminada (mg/L)

P<sub>x</sub>: Produccí´on de fango (kg SSVLM/d) = Y<sub>obs</sub> \* Q \* DQOb<sub>e</sub> / 1000

N<sub>n</sub> : Nitrógeno para la nitrificació (mg N/L) ≈ NTK eliminada (mg N/L)

N-NO<sub>3</sub>: Nitrato para la denitrificación (mg N-NO<sub>3</sub>/L)

El requerimiento por desnitrificación en condicionés anóxicas se presenta como parámetro de recuperación (crédito) en el conjunto global del requermiementio de oxígeno.

$$AOR = AOR_C + AOR_N - AOR_{DN}$$

# A tener en cuenta en la determinación del AOR<sub>C</sub>

Merece especial recomendación la importancia de calcular el requerimiento de la materia orgánica (AOR<sub>C</sub>) a partir de la DQO biodegradable eliminada; y la producción de fango a partir de la determinación del coeficiente de rendimiento ( $Y_H$ ) y tasa específica de consumo de oxígeno en fase de respiración endógena.

(Metcalf & Eddy, 2003; Henze, et al 2008)

La DQO biodegradable, el coeficiente  $Y_H$  y tasa específica de consumo de oxígeno en fase endógena se obtienen a partir de ensayos realizados con un respirómetro BM de Surcis



Sistema de respirometría BM-EVO2 de doble reactor de Surcis

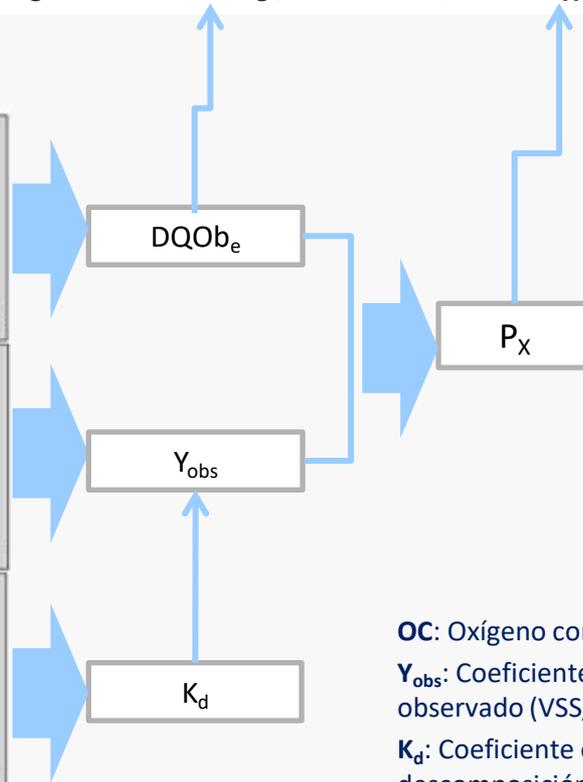
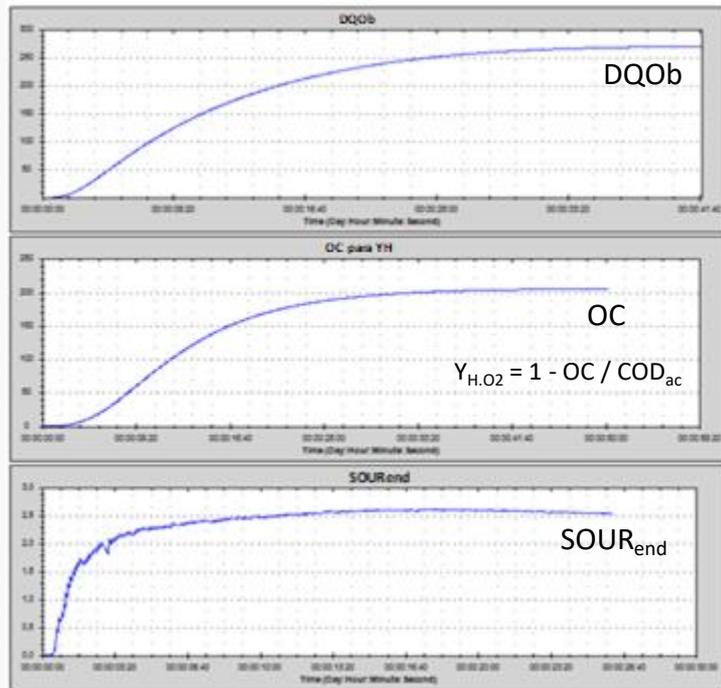
La justificación del uso de la DQO biodegradable (DQOb) se basa en que, cuando existe un porcentaje significativo de la fracción lentamente biodegradable de la DQO (DQOlb) de muy baja actividad en el agua residual, la DBO5 puede no ser capaz de detectar este tipo de demanda de oxígeno. Con ello, aunque se apliquen valores estimados de requerimiento de oxígeno por unidad de carga DBO5, puede no ser representativa de una demanda de oxígeno global de la materia orgánica y se correría el riesgo de que se calcule un requerimiento de oxígeno inferior al que realmente necesita el proceso. Así mismo la concida relación  $DQOb/DBO5 = 1,6$  es un valor estimado que muchas veces no funciona y mucho menos en este caso.

# Respirometría BM in la determinación del AOR<sub>C</sub>

La Respirometría BM es crucial para la determinación del AOR<sub>C</sub> ya que puede proporcionar un resultado preciso sobre el valor de la DQO biodegradable (bCOD) para la materia orgánica, así como el coeficiente Y<sub>H</sub> y el SOUR endógeno para la determinación de la producción de lodos (P<sub>X</sub>)

$$\text{AOR}_C = Q * \text{bCOD}_e / 1000 - 1,42 * P_X$$

Ensayos de respirometría BM



- OC:** Oxígeno consumido (mg/L)
- Y<sub>obs</sub>:** Coeficiente de rendimiento observado (VSS/COD)
- K<sub>d</sub>:** Coeficiente endógeno de descomposición de biomasa (d<sup>-1</sup>)
- SOUR<sub>end</sub>:** Tasa específica de consumo de oxígeno (kg O<sub>2</sub>/kg SSV/d)

# Requerimiento estándar de oxígeno

## SOR (kg O<sub>2</sub>/d)

El SOR is un parámetro relacionado con el caudal de oxígeno que se está suministrando en condiciones estándar.

Condiciones estándar: 1 atmósfera, 20 °C y 0 mg/L de oxígeno en el reactor.

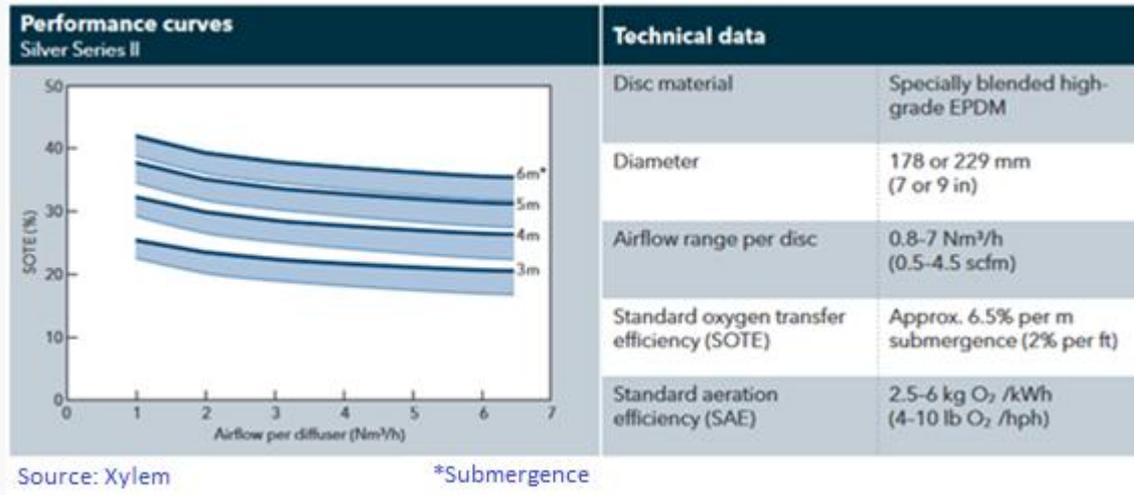
$$\text{SOR} = Q_{O_2} * \text{SOTE}$$

Where:

**Q<sub>O<sub>2</sub></sub>**: Caudal de oxígeno (kg O<sub>2</sub>/d) = 0,285 \* Q<sub>air</sub> (m<sup>3</sup>/d)

**0,285**: Factor para pasar m<sup>3</sup> aire/d a kg O<sub>2</sub>/d

**SOTE**: Eficiencia estándar de la tranferencia de oxígeno en el sistema de aireación (%) – Se calcula a partir de los datos y curvas suminsitradas por el fabricante -



# Parametros de valoración y seguimiento

***SURCIS***

# Parametros de valoración y seguimiento

## AOR/SOR

Ratio entre el requerimiento de oxígeno actual y estándar

---

$O_{TE_f}$

Eficiencia de la transferencia de oxígeno en proceso (%)

---

$Q_{O_2.ref}$

Valor de referencia del caudal de oxígeno (kg O<sub>2</sub>/d)

Este es el caudal de referencia que el sistema debería tener para la carga actual AOR

---

**F** (fouling factor)

Factor de uso (ensuciamiento y envejecimiento)

---

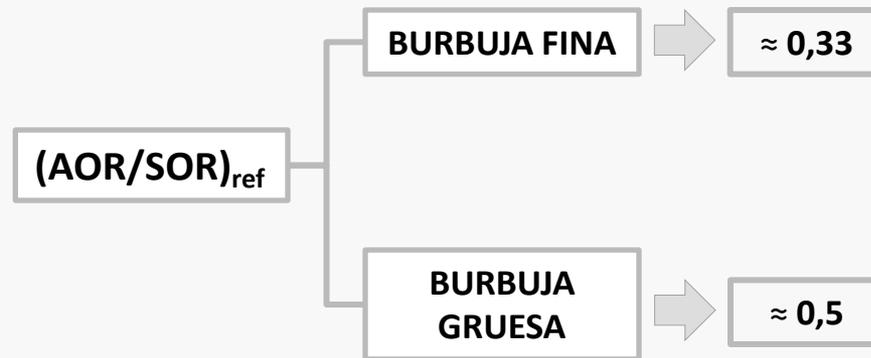
**OE**

Possibilidad optimización energética (%)

# AOR/SOR de referencia

Para poder valorar y conseguir unos niveles de consigna que nos indiquen una posible deficiencia en el sistema de aireación, se necesitan unos valores de referencia en el ratio AOR/SOR:

## Valores habituales de referencia para difusores de burbuja



“Sanitaire - Diffused aeration design guide”, University of Idaho, Civil Engineering, 2003

“Design Manual Fine Pore Aeration Systems”, US EPA, EPA/625/1 89/023

Estos valores de referencia del AOR/SOR puede utilizarse para valorar el sistema de aireación y para el cálculo de otros parámetros de referencia .

# OTE<sub>f</sub> (%)

La eficiencia de la transferencia de oxígeno en el proceso es uno de los parámetros más importantes en los sistemas de aireación. Cuanto mayor sea la OTE<sub>f</sub>, menos aire habrá que suministrar al reactor para garantizar el oxígeno necesario.

$$\text{OTE}_f = 100 * \text{AOR} / \text{Q}_{\text{O}_2}$$

Ferrell, P.E., BCEE, CEM, LEED Green Assoc.- 2010; Viktor Larsson – 2011

La determinación del OTE<sub>f</sub> permite a las plantas evaluar los costes de funcionamiento a largo plazo de sus sistemas de aireación y confirmar que se dispone de suficiente capacidad para satisfacer las necesidades de oxígeno de la carga que entra en el proceso.

# Caudal de oxígeno de referencia: $Q_{O_2,ref}$ (kg $O_2$ /d)

El caudal de referencia correspondería al caudal estimado que se necesitaría, para la misma necesidad de AOR, tras un mantenimiento efectivo sustitución de membranas de los difusores

Desde los valores de referencia  $(AOR/SOR)_{ref}$

= 0,33 (burbuja fina)

= 0,5 (burbuja gruesa)

.. obtenemos las siguientes ecuaciones:

**Para difusores de burbuja fina**

$$Q_{O_2,ref} \approx 100 * AOR / (0,33 * SOTE)$$

**Para difusores de burbuja gruesa**

$$Q_{O_2,ref} \approx 100 * AOR / (0,5 * SOTE)$$

# Parámetros de referencia: $OTE_{f,ref}$ y $(AOR/SOR)_{ref}$

Desde el caudal de referencia  $Q_{O_2,ref}$  de cada caso se puede calcular el valor correspondiente de AOR/SOR y de  $OTE_f$  de referencia:

$$(AOR/SOR)_{ref} = AOR / (SOTE * Q_{O_2,ref})$$

$$OTE_{f,ref} = AOR / Q_{O_2,ref}$$

Con la obtención de los parámetros de referencia podemos valorar y seguir el estado del sistema de aireación por la relación entre los valores actuales y los de referencia:

$$(AOR/SOR) / (AOR/SOR)_{ref}$$

$$OTE_f / OTE_{f,ref}$$

# F

(fouling factor)

Es el factor que evalúa el estado actual de los difusores en términos de ensuciamiento/suciedad o envejecimiento.

En realidad, es la desviación del caudal de oxígeno actual con respecto al caudal de referencia.

$$F = Q_{O_2,ref} / Q_{O_2}$$

**El rango de normalidad del factor F está entre 0,7 y 0,9**

El factor F, especialmente en los difusores de poro fino, disminuye con el tiempo debido al envejecimiento, ensuciamiento, incrustaciones inorgánicas o cambios debidos a la calidad de las aguas residuales, las características de los lodos y las condiciones de funcionamiento

# Posibilidad de optimización energética: OE (%)

Este parámetro representa la optimización energética potencial estimada en cualquier sistema de aireación de burbujas que el mantenimiento efectivo mediante la limpieza o la sustitución de la membranas (en sistemas de más de 8 años) puede aportar.

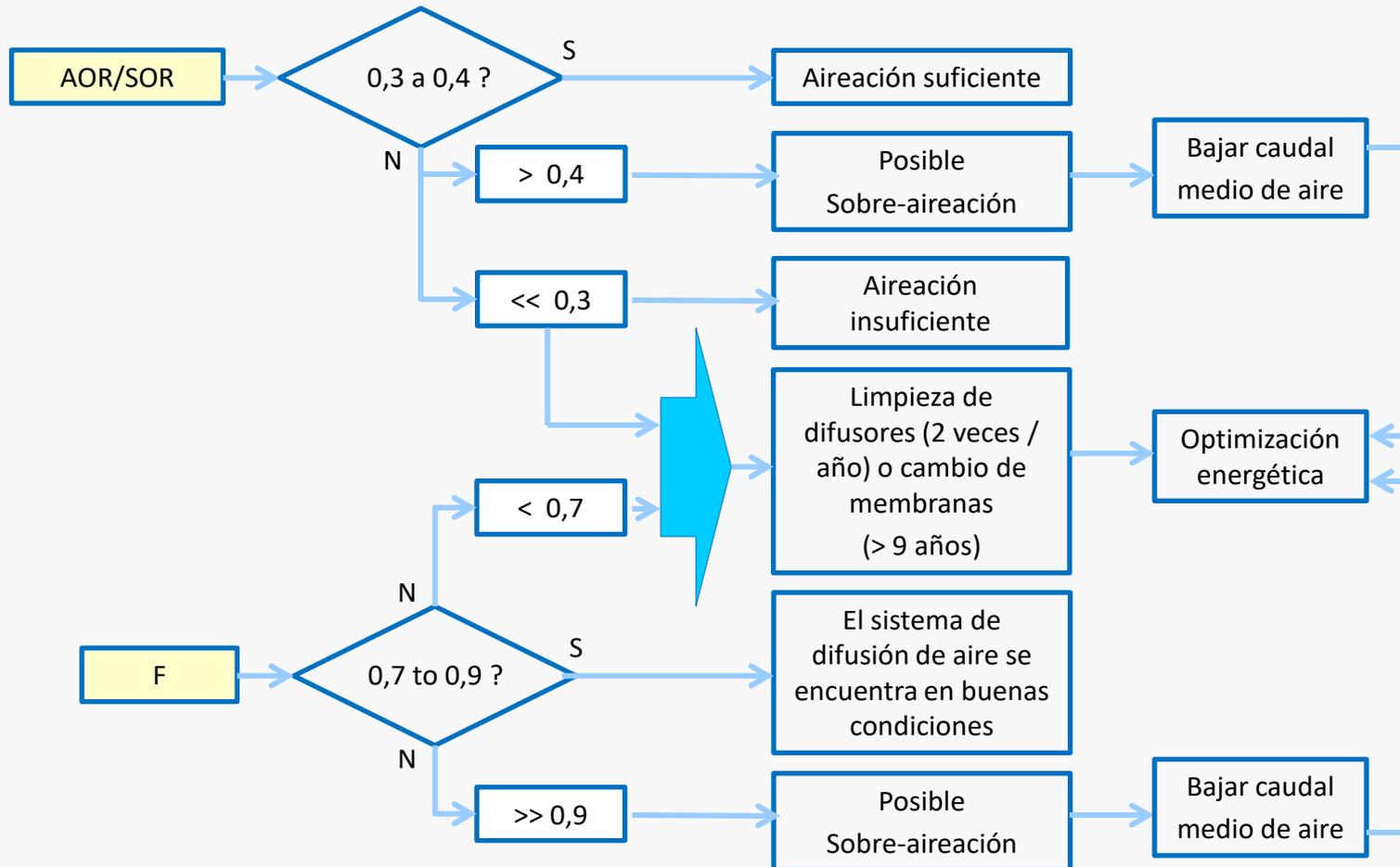
Para ello, el porcentaje de optimización teórico se calcula a partir de la diferencia entre el caudal de oxígeno actual y el caudal de referencia con respecto al caudal actual.

$$OE = ( Q_{O_2} - Q_{O_2,ref} ) / Q_{O_2}$$

# Criterio de actuación

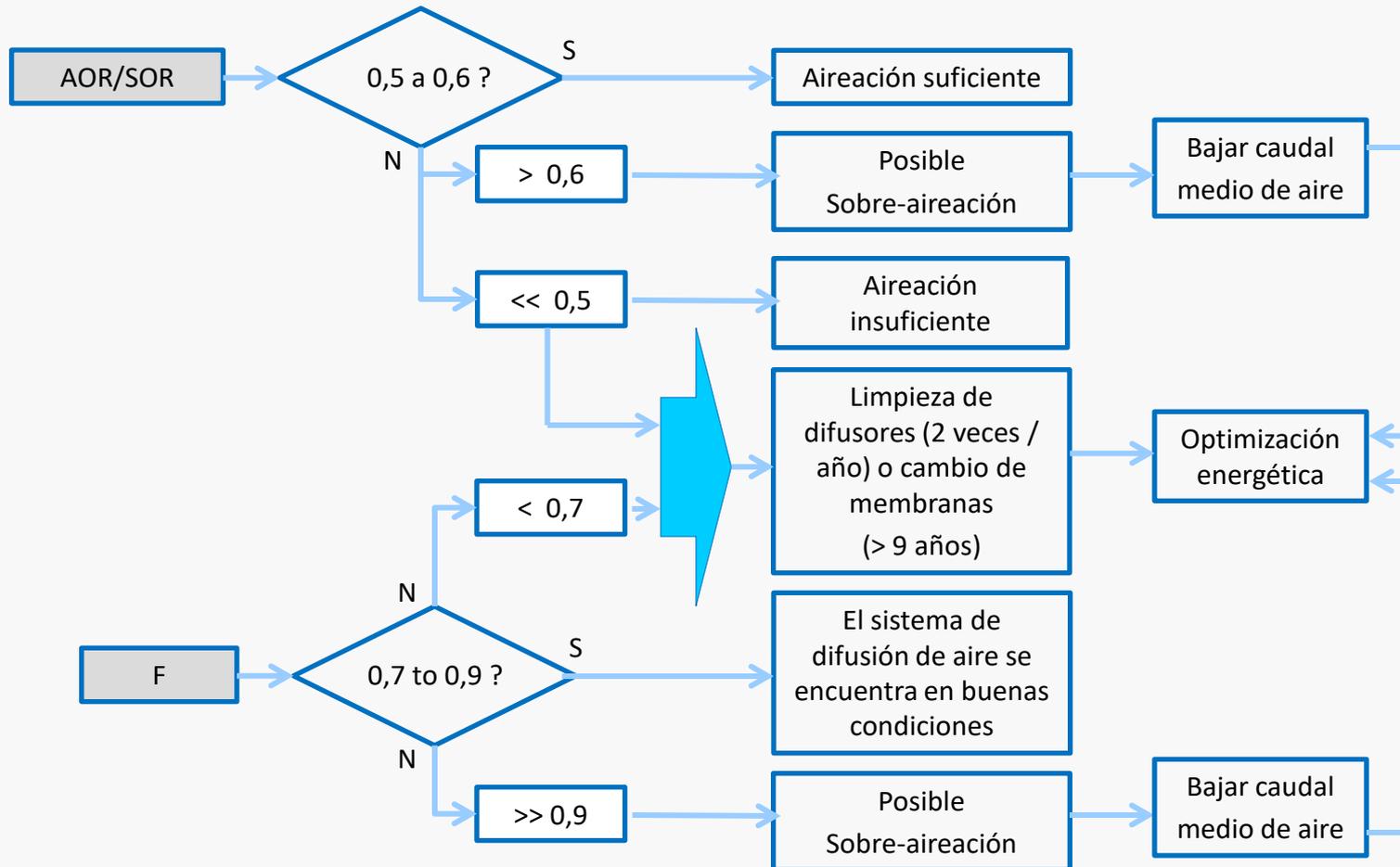


# Ejemplo de criterio para sistemas de difusores de burbuja fina



Se podrían confeccionar otros diagramas de criterio incluyendo  $O_{T_e}$  y  $O_E$  (una vez calculados los valores de referencia correspondientes)

# Ejemplo de criterio para sistemas de difusores de burbuja gruesa



Se podrían confeccionar otros diagramas de criterio incluyendo  $OTE_f$  y OE (una vez calculados los valores de referencia correspondientes)

Emilio Serrano

**SURCIS, S.L.**

Phone: +34 932 194 595 / +34 652 803 255

E-mail: [surcis@surcis.com](mailto:surcis@surcis.com) / [eserrano@surcis.com](mailto:eserrano@surcis.com)

Internet: [www.surcis.com](http://www.surcis.com)

