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 sumistrado

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 afluente (AOR) con el caudal de oxígeno que se está suministrando al proceso (Q_{O2}) Con ello, se está contrastando la necesidad de oxígeno de la carga afluente con el oxígeno que se proporciona para su tratamiento dando paso al parámetro de la eficiencia de transferencia de oxígeno en proceso (OTE_f)

$$OTE_f\ (\%) = 100 * AOR / Q_{O2}$$

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

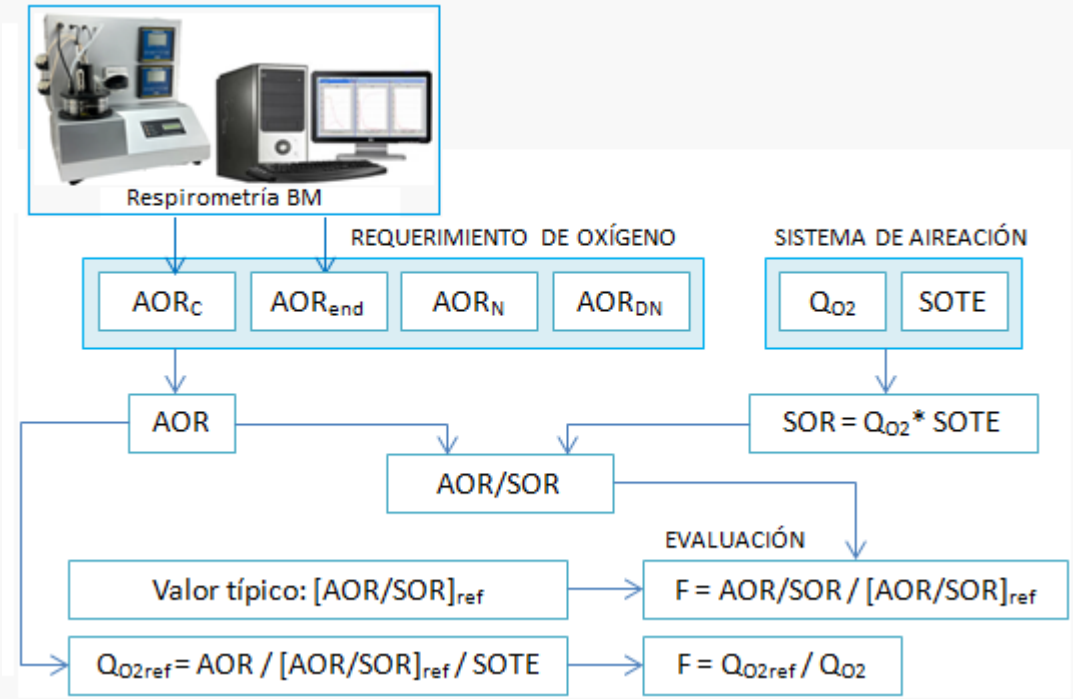
$$AOR/SOR = AOR / (SOTE * Q_{O2})$$

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 para la obtención de parámetros clave para la evaluación y seguimiento de un sistema de aireación por difusores



Respirometría BM: Ensayos de respirometría para la obtención del AOR_C y AOR_{end}

AOR: Requerimiento actual de oxígeno (kg O_2/d) = AOR materia orgánica (**AOR_C**) + AOR por respiración endógena (**AOR_{end}**) + AOR por nitrificación (**AOR_N**) – AOR por desnitrificación (**AOR_{DN}**)

Q_{O2}: Caudal de oxígeno suministrado por el sistema de aireación (kg O_2/d)

SOTE: Eficicncia estándar de la tranferencia 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

F: Factor de uso (%)

Parámetros básicos

SURCIS

Requerimiento actual de oxígeno

AOR (kg O_2/d)

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

Incluye tres requerimientos parciales:

-Requerimiento actual de oxígeno por matería orgánica: $AOR_C = Q * OC / 1000$

-Requerimiento actual de oxígeno por respiración endógean: $AOR_{end} = 24 * V * OUR_{end} / 1000$

-Requerimiento actual de oxígeno por nitrificación: $AOR_N = 4{,}57 * Q * N_n / 1000$

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

Donde:

Q: Caudal de entrada a proceso (m^3/d)

OC: Oxígeno consumido en la eliminaciónde la materia orgánica (mg/ L)

OUR_{end}: Tasa de respiración endógena (mg/L.h)

V: Volumen del reactor biológico aerobio (m^3)

N_n : Nitrógeno para la nitrificació (mg N/L) ≈ NTK eliminada (mg N/L)

$N\text{-}NO_3$: Nitrato para la denitrificación (mg $N\text{-}NO_3$/L)

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

$$\mathbf{AOR = AOR_C + AOR_{end} + AOR_N - AOR_N}$$

Requerimiento estándar de oxígeno

SOR (kg O_2/d)

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

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

$$SOR = Q_{O2} * SOTE$$

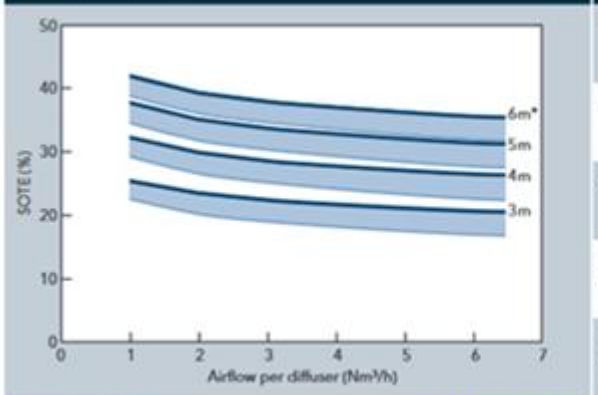
Where:

Q_{O2}: Caudal de oxígeno (kg O_2/d) = 0,285 * Q_{air} (m^3/d)

0,285: Factor para pasar m^3 aire/d a kg O_2/d

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

Performance curves
Silver Series II



Technical data

Disc material	Specially blended high-grade EPDM
Diameter	178 or 229 mm (7 or 9 in)
Airflow range per disc	0.8-7 Nm³/h (0.5-4.5 scfm)
Standard oxygen transfer efficiency (SOTE)	Approx. 6.5% per m submergence (2% per ft)
Standard aeration efficiency (SAE)	2.5-6 kg O_2 /kWh (4-10 lb O_2 /hph)

Source: Xylem

*Submergence

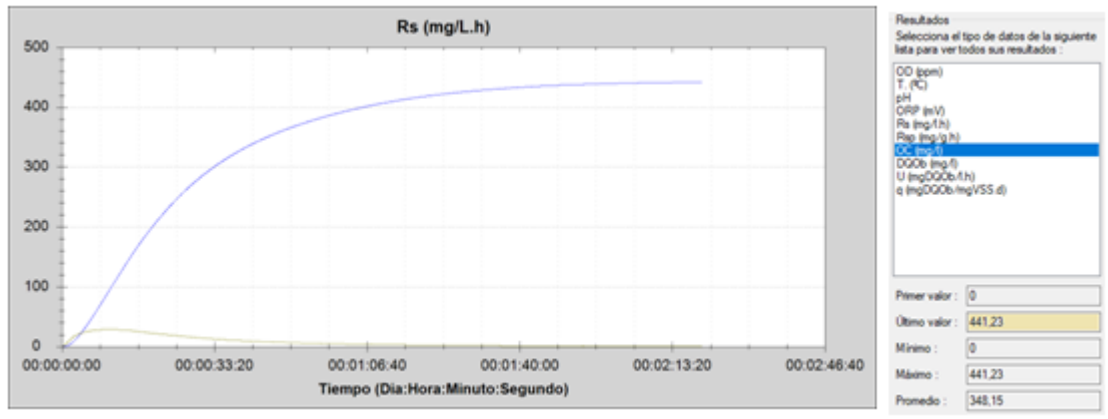
Parámetros obtenidos por Respirometría BM

SURCIS

AOR_C desde el consumo de oxígeno de la materia organíca: OC

El valor del OC se refiere exclusivamente a la materia orgánica sin incluir el oxígeno que se destina al crecimiento de la biomasa heterótrofa que depende del coeficiente Y_H

Obtenemos el OC por medio de un ensayo tipo R de respirometría BM (Surcis) con una muestra puntual del agua residual de entrada a biológico.



Con el ensayo de respirometría, el valor del OC total se obtiene de forma automática al finalizar el ensayo, como resultado final en unidades mg O_2/L.

En el caso de que la DQO de la muestra del ensayo sea distinta de la DQO media del agua residual de entrada, podemos estrapolar el valor del OC del siguiente modo:

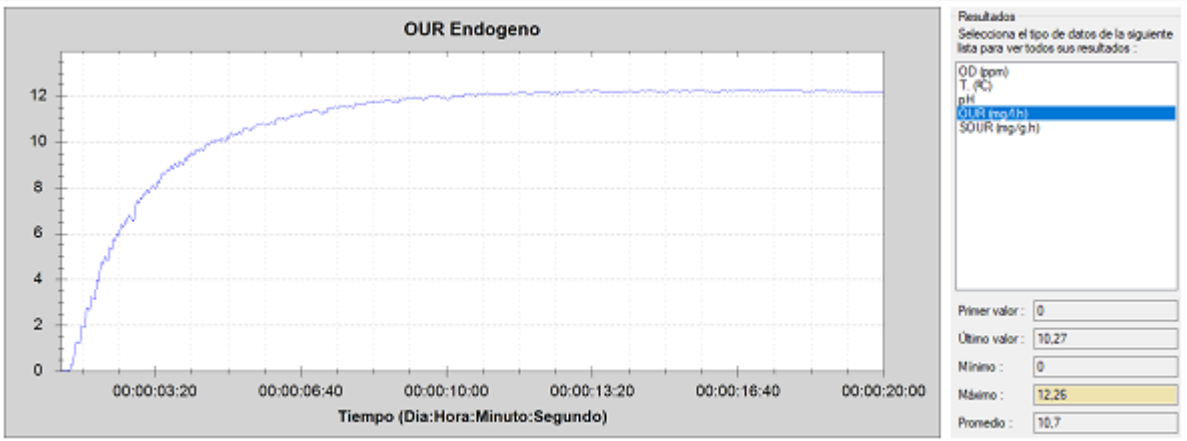
$$OC = OC_{ensayo} * DQO_{agua\text{-}entrada} / DQO_{muestra\text{-}ensayo}$$

Requerimiento de oxígeno por materia orgánica (kg O_2/d) : $AOR_C = Q * OC / 1000$

La división por 1000 se realiza para pasar a unides kg O_2/d

AOR_{end} desde la tasa de respiración endógena: OUR_{end}

El valor del OUR_{end} se refiere exclusivamente a la tasa de consumo de oxígeno de la biomasa contenida en el fango activo en ausencia de cualquier substrato que pudierea tener un consumo adicional de oxígeno por su eliminación biológica.



Con el ensayo de respirometría, el valor del OUR_{end} se obtiene de forma automática cuando el valor del OUR se estabiliza en su máximo, en unidades mg O_2/L/h

Requerimiento de oxígeno por respiración endógena (kg O_2/d) : $AOR_{end} = 24 * V * OUR_{end} / 1000$

La mutiliplicación por 24 y división por 1000 se realiza para pasar a unides kg O_2/d

Parametros
de
valoración y seguimiento

SURCIS

Parametros de valoración y seguimiento

AOR/SOR

Ratio entre el requerimiento de oxígeno actual y estándar

OTE_f

Eficiencia de la transferencia de oxígeno en proceso (%)

$Q_{O2.ref}$

Valor de referencia del caudal de oxígeno (kg O_2/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)

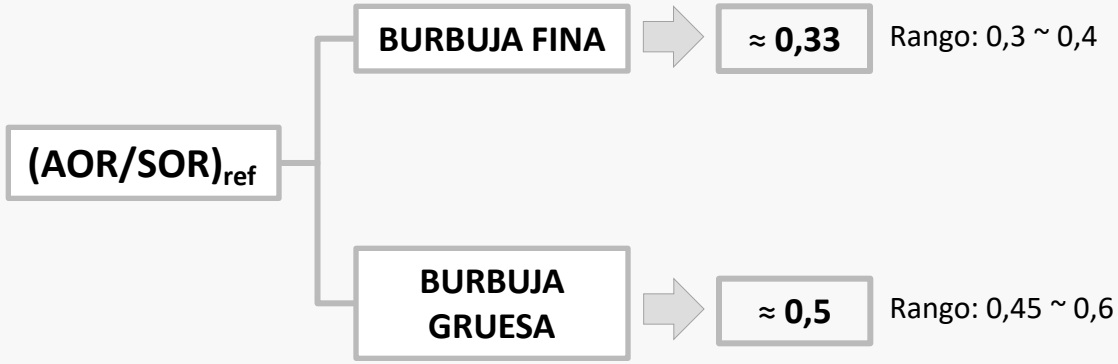
OE

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_f (%)

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_f, menos aire habrá que suministrar al reactor para garantizar el oxígeno necesario.

$$OTE_f = 100 * AOR / Q_{O2}$$

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

La determinación del OTE_f 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: $Q_{O2,ref}$ (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 referencía $(AOR/SOR)_{ref}$

= 0,33 (burbuja fina)

= 0,5 (burbuja gruesa)

.. obtenemos las siguientes ecuaciones:

Para difusores de burbuja fina $Q_{O2,ref} \approx 100 * AOR / (0,33 * SOTE)$

Para difusores de burbuja gruesa $Q_{O2,ref} \approx 100 * AOR / (0,5 * SOTE)$

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

Desde el caudal de referencia $\mathbf{Q_{O2,ref}}$ de cada caso se puede calcular el valor correspondiente de AOR/SOR y de OTE_f de referencia:

$$(AOR/SOR)_{ref} = AOR / (SOTE * Q_{O2,ref})$$

$$OTE_{f.ref} = AOR / Q_{O2,ref}$$

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.

$$F = AOR/SOR \,/\, (AOR/SOR)_{ref}$$

$$F = Q_{O2.ref} \,/\, Q_{O2}$$

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 der burbujas que el mantenimiento efectivo mediante la limpieza o la sustitución de la membranas (en sistemas de más de 8 años) puede aportar.

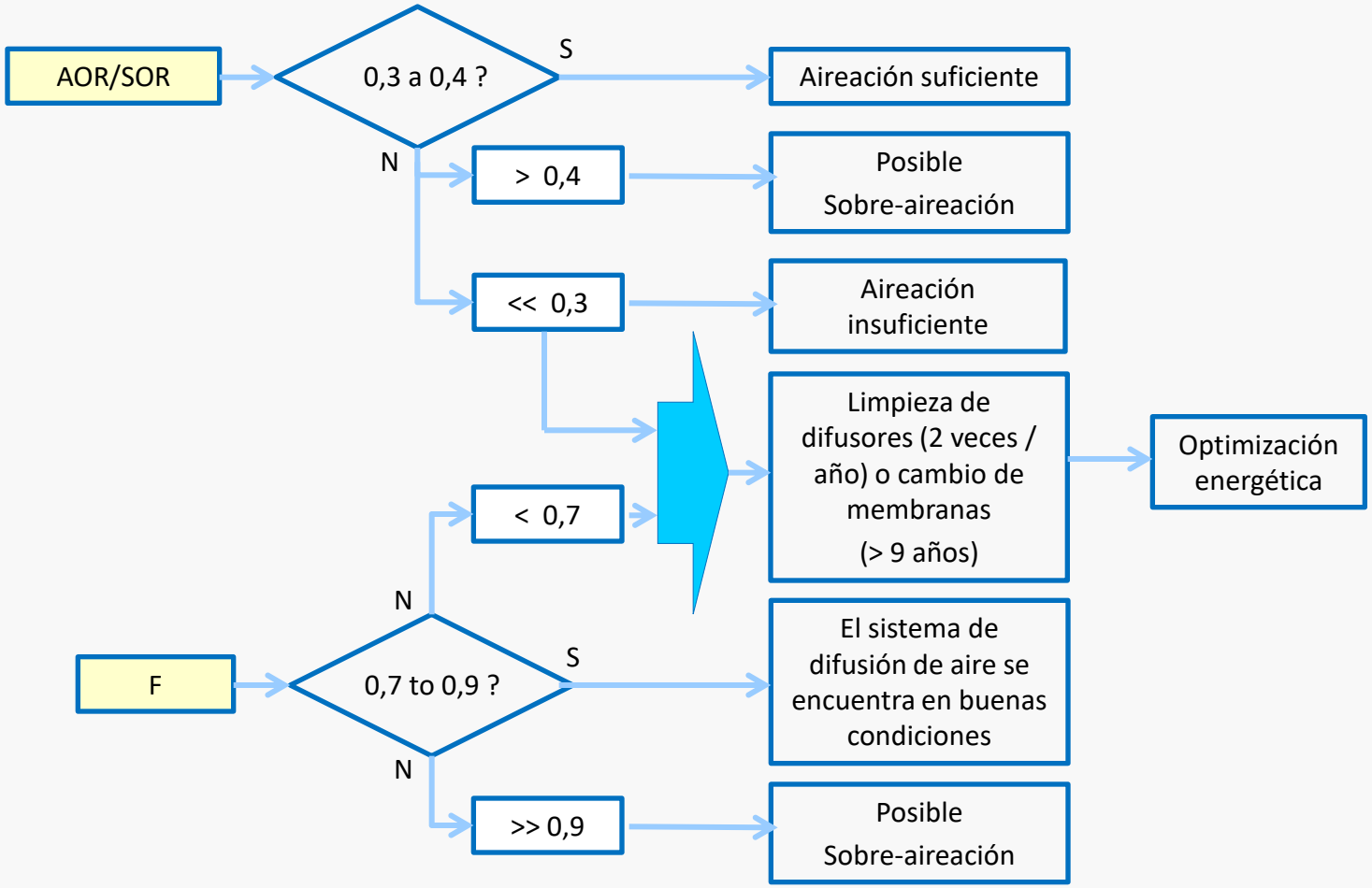
Para ello, el porcentaje de optimización teórico se calcula a partir de la diferencia entre el caudal de oxígeno actual y el caudal de referencia con respecto al caudal actual.

$$OE = (Q_{O2} - Q_{O2,ref}) / Q_{O2}$$

Criterios de evaluación

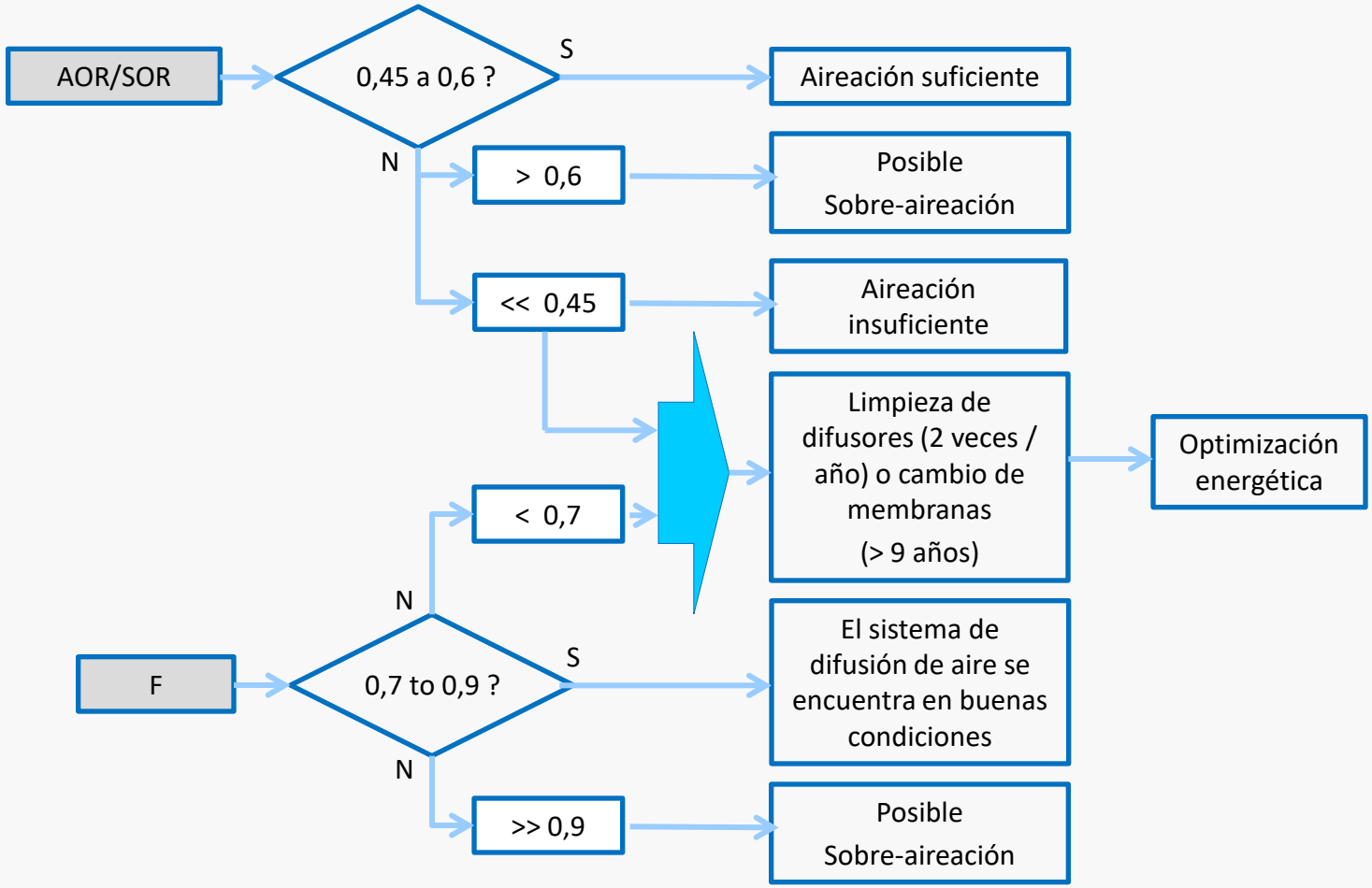
SURCIS

Ejemplo de posible criterio de evaluación para sistemas de difusores de burbuja fina



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

Ejemplo de posible 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 / eserrano@surcis.com

Internet: www.surcis.com