



**Escuela Superior de Tecnología i Ciencias Experimentales**  
**Grado en Ingeniería Química**

**Diseño del sistema de aeración de una EDAR  
urbana, simulación y optimización bajo el  
prisma de la eficiencia energética.**

**Trabajo Fin de Grado**

Autor:

Iván Pinto Vicent

Tutor:

Javier Climent Agustina

Castellón, noviembre de 2020

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

# ÍNDICE GENERAL

0. RESUMEN
1. MEMORIA
2. ANEXOS
3. PLANOS
4. PLIEGO DE CONDICIONES
5. ESTADO DE MEDICIONES
6. PRESUPUESTO

# 0. RESUMEN

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

El principal fin de este proyecto es el de sustituir el sistema de aeración de los tanques biológicos que existe actualmente en la EDAR (aeración superficial), por el de aeración por burbujeo en el fondo.

Para esto se realizarán los cálculos necesarios con las restricciones de esta EDAR en concreto. Se analizarán diferentes tipos de sistemas de burbujeo que existen en el mercado. En este proyecto se pretende mejorar la eficiencia energética del proceso de aeración de los tanques biológicos, siendo esto una parte muy importante del proceso ya que es donde más energía se consume, hasta un 60% de la energía total de la planta.

Por otra parte, gracias al sistema que se implantará habrá un mayor control de los parámetros de las aguas, ya que con el sistema que actualmente existe no se controla de una forma precisa la cantidad de oxígeno que se puede disolver.

Uno de los principales factores que intervienen en la transferencia de oxígeno es la sumergencia. En este proyecto se ha estudiado este parámetro ya que la profundidad de los reactores es relativamente baja, debido a que están diseñados para el sistema de aireación actual. Es por esto que se deberán seleccionar difusores sumergidos de máxima eficiencia.

El ahorro de energía es el objetivo principal de este proyecto, la elección de la soplante juega un papel crucial, ya que el mayor consumo de energía será en este sistema.

El caudal medio de diseño de la EDAR objeto de estudio es de 20.000 m<sup>3</sup>/día. Este caudal estará dividido en dos ramas ya que existen dos tanques biológicos, un caudal de 6.666 m<sup>3</sup>/día y otro de 13.333 m<sup>3</sup>/día.

Para ello se calculará el coste energético actual, el que tiene la EDAR haciendo uso de las turbinas de aeración superficial. Posteriormente, se estudiarán diferentes opciones de aeración sumergida (dependiendo de la tipología de difusor). El siguiente paso, será realizar el diseño de los sistemas anteriormente estudiados. Por último, se realizará una comparativa para establecer la opción más viable en términos técnico-económicos.

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

# 1.MEMORIA

## ÍNDICE

<b>1. Objeto</b> .....	<b>10</b>
<b>2. Alcance</b> .....	<b>12</b>
<b>3. Antecedentes</b> .....	<b>12</b>
3.1 Factores que intervienen en la transferencia de oxígeno.....	12
3.2 Tipos de difusores .....	15
3.3 Esquema EDAR .....	17
<b>4. Normas y referencias</b> .....	<b>19</b>
4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas.....	19
4.2 Programas informáticos.....	20
4.3 Bibliografía y webgrafía .....	20
<b>5. Definiciones y abreviaturas</b> .....	<b>21</b>
5.1 Definiciones.....	21
5.2 Abreviaturas .....	22
<b>6. Requisitos de diseño</b> .....	<b>23</b>
6.1 Cargas contaminantes en el agua .....	24
6.2 Datos tanque biológico .....	24
6.3 Necesidades de oxígeno .....	25
<b>7. Análisis de soluciones</b> .....	<b>27</b>
7.1 Sistema de aeración superficial.....	28
7.2 Cálculo de SOTE real.....	29

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

7.3 Sistema aeración de burbuja ultrafina .....	31
7.4 Sistema de aeración mediante discos de 12" .....	33
7.5 Sistema de aeración mediante difusores tubulares .....	35
7.6 Solución adoptada.....	36
7.6.1 Descripción del proceso.....	37
7.6.2 Elección de la soplante .....	38
<b>8. Conclusiones .....</b>	<b>42</b>
<b>9. Planificación.....</b>	<b>42</b>
<b>10. Orden de prioridad entre los documentos básicos .....</b>	<b>45</b>
<b>11. Estudio de viabilidad económica.....</b>	<b>45</b>
11.1 Resumen del presupuesto.....	46
11.1.1 PEM.....	46
11.1.2 PEC .....	46
11.2 Beneficio .....	47
11.3 Periodo de retorno.....	48
11.4 Conclusiones del estudio de viabilidad económica. ....	48

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

### **1.Objeto**

La finalidad de este proyecto consiste principalmente en mejorar la eficiencia energética de la depuradora, para ello se debe modificar el sistema que tiene esta planta para la aeración de los tanques biológicos, el cual se muestra en la ilustración 1. Consiste en un sistema de aeración mecánica superficial, una serie de turbinas verticales que giran agitando el agua y de esta manera generan una turbulencia en la lámina libre capaz de mezclar el aire con el líquido. Mediante los fenómenos de transporte y dispersión turbulenta, son capaces de difundir el oxígeno del aire que rodea a los tanques.

Además del consumo energético presenta una serie de inconvenientes:

1. Generan aerosoles.
2. Contaminación acústica.
3. No permiten ajustar de forma precisa el nivel de oxígeno en el tanque, ya que funcionan en régimen ON / OFF. En el mejor de los casos, mediante dos velocidades.
4. Provocan un cizallamiento considerable, lo que perjudica el mecanismo de floculación, lo cual empeora no sólo la eficiencia de la depuración, sino también la operación de la decantación secundaria.
5. En tanque profundos no son capaces de oxigenar todo el tanque, por lo que se da un fenómeno de estratificación. Concentración de oxígeno elevada en superficie y baja en profundidad.



*Ilustración 1: Esquema aeración superficial*

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

En la ilustración 2 se muestra la vista aérea de la depuradora. Señalados con flechas están los tanques biológicos donde se ven los sistemas de aeración anteriormente citados, con un número total de 9.



*Ilustración 2: Vista aérea de la EDAR*

Los sistemas actuales serían modificados por aeradores por burbujeo donde cabe destacar las ventajas de estos:

1. Eficiencia energética
2. Permiten una distribución zonal controlada del oxígeno, ya que permite airear por zonas
3. Permite ajustar el aporte de oxígeno a las necesidades, ya que los equipos soplantes pueden funcionar con un variador de frecuencia.
4. Aportan agitación al tanque, mediante la generación de células convectivas promovidas por el aire introducido, lo que es suficiente para mantener los flóculos en suspensión. Se puede prescindir de agitadores mecánicos.
5. Favorecen el mecanismo de floculación y estabilidad del proceso, mejorando la calidad del agua y la operación en el decantador.

## **2. Alcance**

En este proyecto se va a realizar un diseño del sistema de aeración de la EDAR, concretamente en un sistema de aeración sumergido de burbuja ultrafina, de 1 mm de diámetro. Mediante los estudios pertinentes se quiere llegar a unos objetivos que son:

- Mejorar la eficiencia energética.
- Adecuar el aporte de oxígeno a las necesidades de la planta.
- Reducir costes de operación.
- Introducir el sistema de aeración por burbujeo en los tanques biológicos para mejorar el proceso de depuración y el control del sistema biológico.
- Analizar la viabilidad de los diferentes tipos de difusores.

## **3. Antecedentes**

Las funciones básicas que debe cumplir un sistema de agitación son:

1. Suministrar el oxígeno necesario que permita la satisfacción de la demanda asociada a la materia carbonosa y, adicionalmente, en su caso, la de la materia nitrogenada presente en el agua residual a tratar.
2. Suministrar el oxígeno necesario para la satisfacción de la demanda asociada a la respiración endógena del cultivo biológico que constituye el fango activado.
3. Aportar la energía necesaria para conseguir el mantenimiento de condiciones homogéneas en el seno del reactor biológico, de forma que tanto el sustrato a eliminar como el oxígeno necesario para el desarrollo del proceso estén uniformemente distribuidos y, por tanto, fácilmente disponibles para su utilización por los microorganismos.
4. Mantener un nivel de oxígeno disuelto en la totalidad del reactor que posibilite el desarrollo normal de las reacciones involucradas.

### **3.1 Factores que intervienen en la transferencia de oxígeno**

Una de las teorías mejor aceptadas y que explica este tipo de proceso es la propuesta por Lewis y Whitman en 1924, conocida como la teoría de la doble película. Esta teoría radica en la presencia de dos resistencias adheridas a la burbuja: una película líquida y otra gaseosa, en la interfase gas-líquido, donde el flujo a través de cada película es proporcional

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

a una fuerza impulsora dada por la diferencia de concentraciones entre las superficies de la película, es decir, la rapidez de difusión dentro de una fase depende del gradiente de concentraciones existente en ella, y se expresa en esta fórmula:

$$N_i = K_L(C_i - C_L)$$

*Ecuación 1*

Donde  $N_i$  es la masa de oxígeno transferido ( $\text{kgO}_2/\text{m}^2\text{h}$ ),  $K_L$  es el coeficiente de difusión de oxígeno en la película líquida o velocidad de transferencia (m/h),  $C_i$  es la concentración de saturación de la interfase ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) y  $C_L$  es la concentración de oxígeno en el medio líquido ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

Debido a que el oxígeno es poco soluble en agua se puede despreciar la resistencia que ofrece la fase gaseosa, es decir  $\frac{1}{k_G H'}$ , frente a la resistencia de la fase líquida.

Ateniéndose a esta consideración se obtiene la siguiente simplificación:

$$K_L = \frac{1}{\left(\frac{1}{k_L}\right) + \frac{1}{k_G H'}} \qquad K_L = k_L$$

*Ecuación 2*

Donde  $\frac{1}{k_L}$  es la resistencia ofrecida por la fase líquida y  $\frac{1}{k_G H'}$  es la resistencia ofrecida por la fase gaseosa.

Al considerar la transferencia de oxígeno a un volumen de líquido, que posee un área de interfaz determinada, en contacto con la fase gaseosa, se tiene entonces que la velocidad total de transferencia de oxígeno al líquido por unidad de volumen, en condiciones de equilibrio discontinuo, con flujo estacionario y semiestacionario se determina con la expresión:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{A}{V} \cdot N_i = k_L \cdot \frac{A}{V} (C_i - C_L) = k_L \cdot a(C_i - C_L)$$
$$\frac{dC}{dt} = k_L \cdot a(C_i - C_L)$$

*Ecuación 3*

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

Donde:

A = área a través de la cual se difunde el gas (m<sup>2</sup>)

V = volumen de la fase líquida (m<sup>3</sup>)

k<sub>L</sub> = coeficiente de difusión del gas o velocidad de transferencia (m/h)

C<sub>i</sub> = concentración de saturación del gas en la solución (kg/m<sup>3</sup>)

C<sub>L</sub> = concentración del gas en la fase líquida (kg/m<sup>3</sup>)

$\frac{dC}{dt}$  = masa transferida (kgO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>h)

a = superficie específica (m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>)

Por lo tanto, la velocidad de transferencia de oxígeno es proporcional a un gradiente de concentraciones, siendo el coeficiente volumétrico de transferencia la constante de proporcionalidad y que resulta esencial maximizar en este proyecto k<sub>L</sub>·a. Mientras k<sub>L</sub> se puede asociar a la renovación de la película líquida adherida a las burbujas (función de la agitación), para maximizar la superficie específica “a”, se deberá trabajar con burbujas de pequeño diámetro.

Otros parámetros importantes que intervienen en la transferencia de oxígeno estudiados en este proyecto son el SOTR y el SOTE.

SOTR: Es la tasa o capacidad de transferencia (kg O<sub>2</sub>/h), algunos fabricantes de difusores proporcionan este valor referido a la sumergencia de los mismos, expresado como gramos de O<sub>2</sub> transferido por hora por metro de sumergencia (gr O<sub>2</sub> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>). Este es un parámetro fundamental que se calculará en el presente proyecto a partir del cálculo de las necesidades de oxigenación en el tanque.

SOTE: Eficiencia de transferencia (%), es la relación entre la masa de oxígeno transferido por el sistema y la existente en el aire alimentado al mismo en condiciones normales (20 °C, 760 mmHg, 36% de humedad relativa). Este es otro de los parámetros fundamentales que se ha estudiado en el presente proyecto ya que depende de la sumergencia de los difusores, del número de difusores instalados (densidad de difusores) y del caudal de aire por difusor.

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

### 3.2 Tipos de difusores

Para conseguir la cantidad de oxígeno que deseamos podemos emplear diferentes difusores, clasificándolos por el tamaño de burbuja que estos pueden generar. Clasificándose en 4 grupos:

A. *Difusores de Burbuja Gruesa ( $\phi >10$  mm):*

Producen burbujas que se elevan rápidamente desde la base hasta la superficie del tanque de aireación. Los difusores de burbuja gruesa se suelen utilizar cuando además de transferir oxígeno se necesita aportar un mayor grado de agitación al fluido. Por ejemplo, cuando se tiene presencia de lecho móvil.

En tanques de aireación, un sistema que utiliza difusores de burbujas gruesas requiere de 30 a 40 por ciento más de aire que el proceso de difusión que utiliza burbuja fina, para proporcionar el mismo nivel de tratamiento.

La excepción sería en las fases de tratamiento secundario, donde las partículas provenientes de procesos de floculación, sedimentación y acumulación de carbonato tienden a obstruir los poros en los difusores de burbuja fina. Aquí los difusores de burbuja gruesa son la solución, debido a que eliminar estos problemas sería entregar un enorme ahorro de costos en el reemplazo del producto y así también disminuir el tiempo de inactividad del sistema para facilitar su intercambio.

B. *Difusores de Burbuja Mediana ( $\phi$  3-10 mm):*

Producen burbujas que se encuentran entre las burbujas gruesas y la burbuja fina. Su principal uso es la aireación de tanques cilíndricos y la extracción de grasas en plantas de tratamiento de aguas residuales.

C. *Difusores de Burbuja Fina ( $\phi$  1-3 mm):*

Producen una gran cantidad de burbujas que se elevan lentamente desde la base hacia la superficie del tanque de aireación, y proporcionan una transferencia sustancial y eficiente de masa de oxígeno en el agua.

Los difusores de burbujas finas repartidos de forma homogénea en la solera de un tanque proporcionan gran flexibilidad operativa, los cuales pueden crear zonas con altas concentraciones de oxígeno (aeróbico), zonas con una concentración mínima de oxígeno

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

(anoxia) y las zonas sin oxígeno (anaeróbico). Esto permite una focalización y eliminación más efectiva de los contaminantes específicos.

El aumento en el valor de  $k_L$  se debe al aumento total en la superficie de transferencia de masa total, obtenida a través del diámetro de burbujas menores. Si la alimentación del aire se mantiene a un nivel constante, la disminución del tamaño de burbujas de 5 mm a 2 mm tendrá como resultado un área de superficie de transferencia aproximadamente 6 veces mayor entre el aire y el agua.

### ***D. Difusores de Burbuja Ultrafina ( $\phi < 1$ mm):***

Estos difusores son nuevos en el mercado, consiguen burbujas por debajo del milímetro, lo que incrementa considerablemente su capacidad de transferencia de oxígeno, y no solo eso gracias a su forma rectangular de hasta 4 metros de longitud pueden ser utilizados en tanques de poca profundidad, lo que nos interesa en nuestro rediseño.

---

## Sistema de aeración mediante difusores

---

### 3.3 Esquema EDAR

En la ilustración 3 se puede ver un esquema del funcionamiento de la depuradora de este proyecto, seleccionado con un círculo la sección que se va a rediseñar.

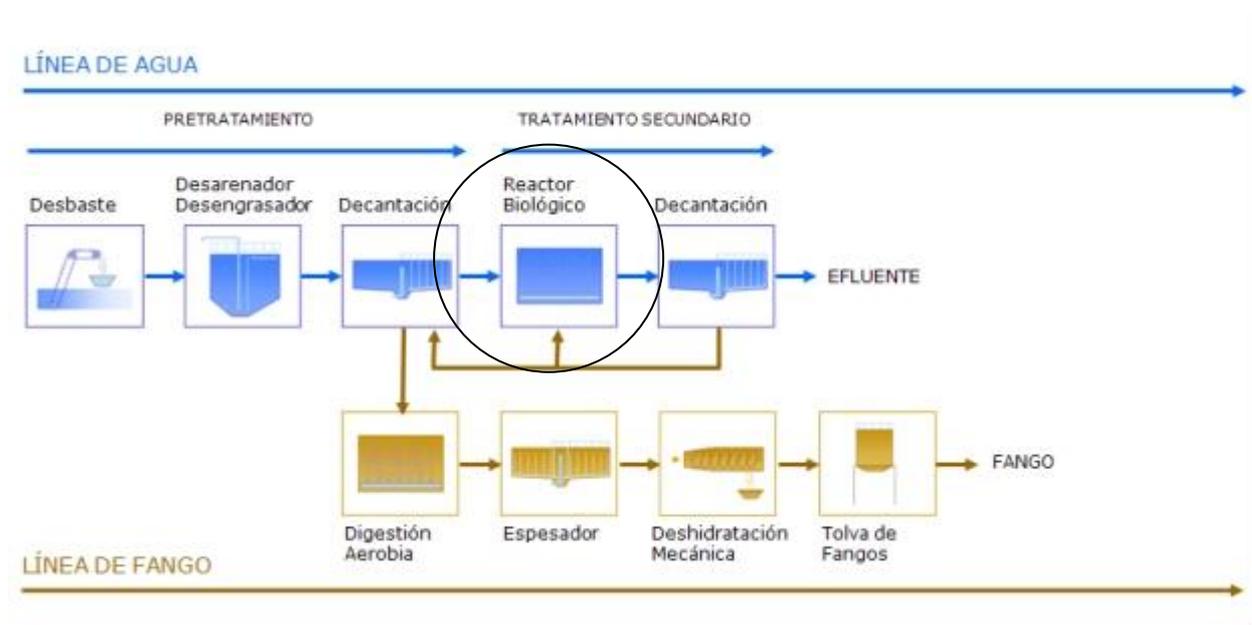


Ilustración 3: Esquema depuradora

---

## Sistema de aeración mediante difusores

---

Como se ha comentado anteriormente uno de los objetivos de este proyecto es mejorar la eficiencia energética y aunque solo se esté centrando en una parte del proceso, es donde más energía se va a consumir.

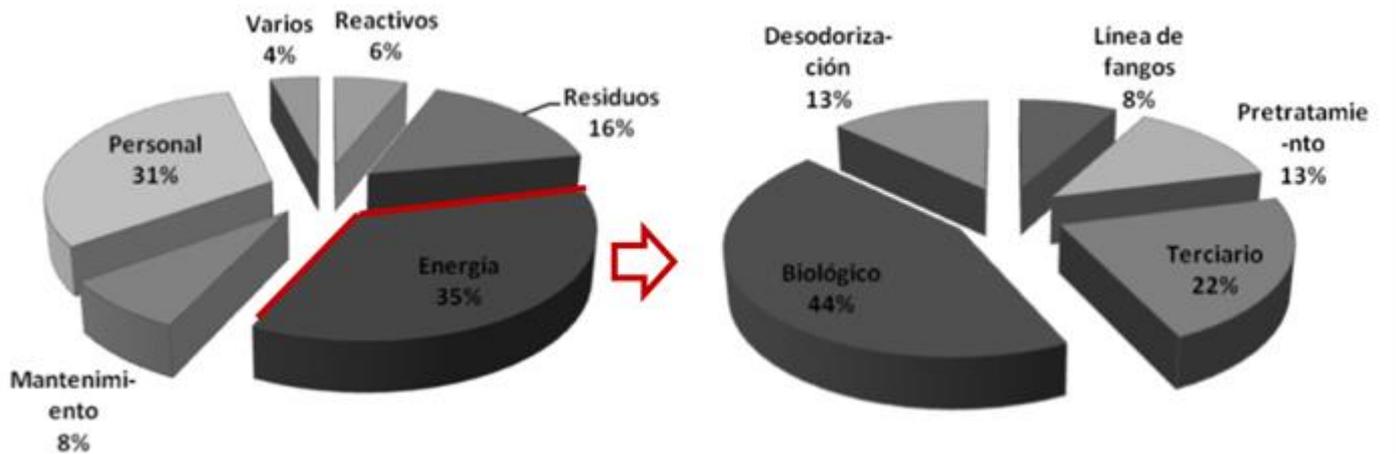


Ilustración 4: Costes generales y de energía desglosados

Como se observa en la ilustración 4 los costes de energía son un 35% de nuestro gasto total, de los cuales casi la mitad (44%) vienen dados del proceso biológico en el cual nos centramos. Estos valores dependen del tipo de EDAR, pudiendo representar la aeración hasta un 60% de los costes en el caso de las EDAR pequeñas.

## **4. Normas y referencias**

### **4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas**

-REAL DECRETO-LEY 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.

- REAL DECRETO 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-/Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas

- REAL DECRETO 664/1997. de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

- REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. - REAL DECRETO 2116/1998, de 2 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.

- LEY 2/1992, de 26 de marzo, del Gobierno Valenciano, de saneamiento de las aguas residuales de la Comunidad Valenciana. 1 (DOCV núm. 1761 de 08.04.1992)

- Decreto 170/1992 de 16 de octubre, del Gobierno Valenciano, por el que aprueba el Estatuto de la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana. (DOCV núm. 1889 de 26.10.1992) - Decreto 9/1993, de 25 de enero, del Gobierno Valenciano, por el que aprueba el Reglamento sobre Financiación de la Explotación de las Instalaciones de Saneamiento y Depuración. (DOCV núm. 1955 de 02.02.1993)

- Orden de 1 de abril de 1993 del Conseller de Obras Públiques, Urbanisme i Transports, por la que se establecen las relaciones entre la Conselleria y la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana, para la realización de sistemas públicos de saneamiento y depuración. (DOCV núm. 2.001 de 08.04.1993)

- Orden de 9 de noviembre de 1999, del conseller de Obras Públicas, Urbanismo y Transports, por la que se establecen las relaciones entre la

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

Conselleria y la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana, para la realización de obras de infraestructuras de abastecimiento de agua. (DOCV núm. 3.633 de 25.11.1999).

- ORDEN MAM/1873/2004, de 2 de junio, por la que se aprueban los modelos oficiales para la declaración de vertido y se desarrollan determinados aspectos relativos a la autorización de vertido y liquidación del canon de control de vertidos regulados en el Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, de reforma del Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.

- ORDEN MAM/985/2006, de 23 de marzo, por la que se desarrolla el régimen jurídico de las entidades colaboradoras de la administración hidráulica en materia de control y vigilancia de calidad de las aguas y de gestión de los vertidos al dominio público hidráulico.

- ORDEN MAM/85/2008, de 16 de enero, por la que se establecen los criterios técnicos para la valoración de los daños al dominio público hidráulico y las normas sobre toma de muestras y análisis de vertidos de aguas residuales.

- Decreto 111/2017 de 28 de julio, del Consell, de modificación del Decreto 170/1992 de 16 de octubre, del Consell, por el que se aprueba el Estatuto de la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunitat Valenciana

### 4.2 Programas informáticos

- Microsoft Word 2019
- Microsoft Excel 2019
- BioWin 5.1

### 4.3 Bibliografía y webgrafía

- (1) <http://www.epsar.gva.es/sanejament/instalaciones/edar.aspx?id=59>
- (2) <https://www.sulzer.com/es-es/spain/shared/products/hst-turbocompressor>
- (3) <https://aireacion.es/>

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

- (4) HERNANDEZ MUÑOZ, A. Depuración de aguas residuales. Colegio de ingenieros, canales y puertos, Madrid 1996.
- (5) FERRER POLO, J. SECO TORRECILLAS, A. Tratamientos biológicos de aguas residuales. Editorial UPV, Valencia 2003.
- (6) CATALÁ MORENO, F. Cálculo de caudales en las redes de saneamiento. Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos. Editorial Paraninfo. Madrid 1990.

## **5. Definiciones y abreviaturas**

### 5.1 Definiciones

- Caudal máximo. Es el valor máximo de caudal que accede al tratamiento a la E.D.A.R obtenido a partir de las series estadísticas de datos y expresados en m<sup>3</sup>/h. Suele alcanzar dicho valor cuando se producen riadas, diluvios... Es el caudal que se considera para el cálculo de aliviaderos.
- Caudal medio. Es el caudal medio en 24 horas. Los caudales medios se emplean para la determinación de la capacidad de una planta de tratamiento y para obtener los caudales de diseño. También se puede emplear para evaluar los costes de bombeo, inversión en productos químicos, volumen de fangos y carga orgánica.
- Caudal mínimo. El caudal mínimo registrado en 24 horas a partir de los datos de explotación. Conocerlo es importante de cara al diseño de conducciones en las que se pueda producir sedimentación cuando circulan caudales pequeños.
- Caudal punta. Es el caudal máximo en 24 horas, correspondiente a la punta o pico de un hidrograma. Es de interés para el diseño de colectores, estaciones de bombeo de aguas residuales, medidores de caudal de aguas residuales, desarenadores, tanques de sedimentación, tanques de cloración y conducciones y canales de una planta de tratamiento.

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

- Hidrograma: es un gráfico que muestra la variación en el tiempo de alguna información hidrológica tal como: nivel de agua, caudal, carga de sedimentos, entre otros
  
- Procesos aerobios: Son procesos que se dan en presencia de oxígeno (entre 1,5- 2,0 mg O<sub>2</sub>/L), ya que los microorganismos que actúan en la conversión lo necesitan para su metabolismo. El más común en la depuración de aguas residuales es el proceso de fangos activos.
  
- Tiempo de retención hidráulica: Parámetro que mide la relación expresada en horas entre el caudal a tratar y el volumen del reactor biológico, en el tratamiento de aguas residuales.
  
- Carga Másica: Es la relación entre la carga de materia orgánica que entra en el reactor biológico al día y la masa de microorganismos existentes en el mismo. Tiene una relación directa con el rendimiento de depuración que puede dar la planta.
  
- Carga Volumétrica: Es la relación entre la masa de materia orgánica que entra en el reactor, por unidad de tiempo y el volumen de la cuba.

### 5.2 Abreviaturas

- K<sub>L</sub>: coeficiente de difusión del gas o velocidad de transferencia (m/h).
- a: Área superficial (m<sup>2</sup>).
- α: Constante de transferencia relativa en agua limpia.
- SOTR: Capacidad de transferencia estándar de oxígeno (kg/h).
- AOTR: Capacidad real de transferencia de oxígeno (kg/h)
- β: Constante relativa de saturación del oxígeno disuelto en agua limpia (entre 0,95- 0,98)
- C<sub>L</sub>: Saturación del oxígeno disuelto al nivel del mar y temperatura de operación, 15°C (mg/l)
- C<sub>S,20</sub>: Valor de saturación del oxígeno disuelto al nivel del mar a 20°C (mg/l)
- C<sub>S,T,H</sub>: Valor de saturación del oxígeno disuelto al nivel del mar a 20°C para la aireación de difusores (mg/l)

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

- DQO: Demanda química de oxígeno.
- DBO: Demanda biológica de oxígeno.
- EDAR: Estación de depuración de aguas residuales
- SSLM: Sólidos en suspensión del líquido de mezcla.
- SSV: Sólidos en suspensión volátiles.
- IVF: Índice volumétrico del fango.

## **6. Requisitos de diseño**

A continuación, se presentan los cálculos realizados para diseñar el sistema de aeración. El parámetro esencial que se debe calcular en primer lugar, y que depende de multitud de factores, es el oxígeno necesario para llevar a cabo el proceso de depuración, conocido como AOTR (Actual Oxygen Transfer Rate) expresado en kg O<sub>2</sub>/día.

Este factor dependerá de los valores a cumplir en los requerimientos de vertido, en el caso que nos ocupa, únicamente oxidación de la materia orgánica, sin atender a nutrientes (nitrógeno y fósforo). Por otra parte, depende de los parámetros de funcionamiento de la EDAR (caudal influente, concentración de contaminantes, volumen del reactor), de condiciones ambientales (Temperatura, altitud, salinidad), de parámetros de proceso (sólidos en el reactor, profundidad de la balsa, etc.)

Una vez calculadas las necesidades de aeración, según el sistema de aeración escogido, se calculará el aire necesario que se debe introducir en el reactor.

## Sistema de aeración mediante difusores

### 6.1 Cargas contaminantes en el agua

En la tabla 1 se muestran los parámetros que se han utilizado como condiciones de contorno para diseñar el sistema de aeración.

	Afluente	Efluente	Rdto
Caudal	20.000 (m <sup>3</sup> /día)	20.000 (m <sup>3</sup> /día)	-
pH	7,3 (Ud ph)	7,3 (Ud ph)	-
Sólidos suspendidos	184 (mg/l)	6 (mg/l)	97 (%)
DQO	417 (mg/l)	41 (mg/l)	90 (%)
DBO5	181 (mg/l)	6 (mg/l)	96 (%)
Nitrógeno total	54,95 (mg/l)	25,36 (mg/l)	54 (%)
Fósforo total	4,3 (mg/l)	1,88 (mg/l)	55 (%)

Tabla 1: Datos de las cargas contaminantes en el agua

### 6.2 Datos tanque biológico

El proyecto se centra en el proceso biológico, por lo que en la tabla 2 se muestra los datos obtenidos al realizar los análisis mensuales de control de calidad, los cuales habrá que cumplir.

MES	Biológico							Recirculación	
	Tiempo retención (horas)	Carga másica (kg DBO5/Kg SSVL M/d)	Carga Volúmica (kg DBO5/m <sup>3</sup> /d)	IVF (Vmg)	Edad fango (Días)	Sólidos suspensión (mg/l)	Solidos volátiles (%)	Solidos recirculación (mg/l)	Solidos volátiles recirculación (mg/l)
Enero	6	0,23	0,4	430	5,2	1,835	82,8	2.969	81,08
Febrero	6	0,25	0,5	375	4,9	2,578	82,6	4,278	82,16
Marzo	6	0,18	0,4	368	4,0	2,326	82,2	3,700	80,72
Abril	6	0,27	0,4	488	5,7	1,678	83,1	2,561	81,39
Mayo	6	0,22	0,4	455	7,7	2.022	81,2	2,790	79,85
Junio	6	0,17	0,4	353	8,4	2,066	81,4	2,901	80,20
Julio	6	0,10	0,2	403	8,5	1,954	82,1	2,993	81,38
Agosto	6	0,18	0,3	423	6,6	1,859	82,8	3,375	82,83
Septiembre	6	0,18	0,3	372	7,0	2,016	84,7	2,990	84,41

Tabla 2: Datos mensuales tanque biológico

## Sistema de aeración mediante difusores

### 6.3 Necesidades de oxígeno

La oxigenación es imprescindible para transformar la materia orgánica y poder reducir la DBO. Por lo que se instala un sistema de aeración por burbujeo en la zona óxica del reactor biológico.

Para conocer las necesidades de aeración, primero se deberán estudiar las necesidades de oxígeno real y sus parámetros. El oxígeno necesario para conseguir los rendimientos fijados depende de dos términos: oxígeno para la eliminación de DBO5 y oxígeno para la respiración endógena la cual hace referencia a un consumo de oxígeno que se invierte en el mantenimiento celular. Para ello se usará la ecuación de Eckenfelder (ecuación 4):

$$AOTR = a' \cdot Q(S_0 - S) \cdot \frac{1}{10^3} + b' \cdot V \cdot X$$

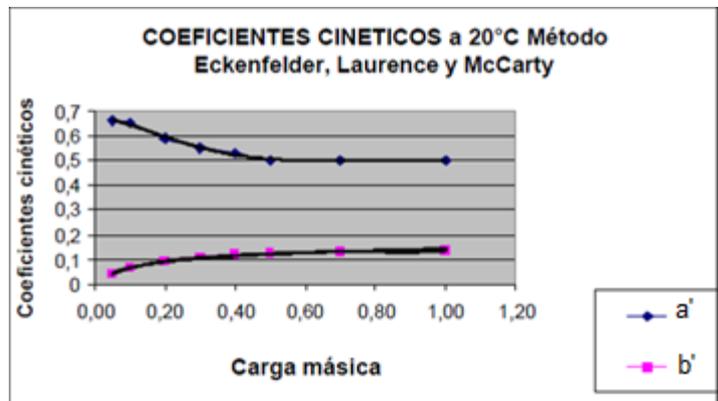
*Ecuación 4: Cálculo de AOTR*

Donde:

- a': coeficiente de respiración para síntesis.
- b': coeficiente de respiración endógena. Ambos valores dependen de la carga másica.

Cm	a'	b'
1	0,5	0,136
0,7	0,5	0,131
0,5	0,5	0,123
0,4	0,53	0,117
0,3	0,555	0,108
0,2	0,59	0,092
0,1	0,652	0,066
0,05	0,66	0,04

*Tabla 3: Valores de a' y b' en función de la carga másica.*



- S<sub>0</sub>: Concentración media de DBO5 a la entrada, (mg/l).
- Q: Caudal de operación, (m<sup>3</sup>/día).
- S: Concentración de media de DBO5 a la salida, (mg/l).
- V: Volumen, (m<sup>3</sup>).
- X: Concentración de SSVLM, (kg/m<sup>3</sup> SSLM).

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

Las características medias de la EDAR son:

- Carga másica: 0,2 kg DBO5/kg SSVL M/d
- a': 0,59
- b': 0,092
- S<sub>0</sub>: 181 mg/l
- S: 6 mg/l
- Q: 6666,5 m<sup>3</sup>/día
- V: 2140 m<sup>3</sup>
- X: 1,95 kg/m<sup>3</sup> SSLM

Con estos parámetros y la ecuación 3 se obtiene un **AOTR de 1095,83 kgO<sub>2</sub>/día**.

Una vez obtenida la cantidad de oxígeno necesario cada día, se calculará la demanda de oxígeno necesaria en condiciones estándar mediante la ecuación 5.

$$SOTR = AOTR \left[ \frac{C_{S,20}}{\alpha \cdot (\beta \cdot C_{S,T,H} - C_L)} \right] \cdot (1,024^{20-T})$$

*Ecuación 5: Cálculo de SOTR*

Donde:

- SOTR: Capacidad de transferencia estándar de oxígeno. (kg/h)
- AOTR: Capacidad real de transferencia de oxígeno (kg/h)
- α: Constante de transferencia relativa en agua limpia
- β: Constante relativa de saturación del oxígeno disuelto en agua limpia (entre 0,95- 0,98)
- C<sub>L</sub>: Saturación del oxígeno disuelto al nivel del mar y temperatura de operación, 15°C. (mg/l)
- C<sub>S,20</sub>: Valor de saturación del oxígeno disuelto al nivel del mar a 20°C. (mg/l)
- C<sub>S,T,H</sub>: Valor de saturación del oxígeno disuelto al nivel del mar a 20°C para la aireación de difusores. (mg/l)

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

Cogiendo un valor de  $\alpha$  de 0,6 y un valor de  $\beta$  de 0,95 para aguas residuales se obtiene un SOTR de 1889 kgO<sub>2</sub>/día para necesidades medias y 1953 kgO<sub>2</sub>/día para necesidades máximas para la línea vieja. Se realiza el mismo cálculo para la línea de ampliación y se obtiene un SOTR de 3778 kgO<sub>2</sub>/día para necesidades medias y 3906 kgO<sub>2</sub>/día para necesidades máximas

## **7. Análisis de soluciones**

La finalidad de todas las EDAR es tratar las aguas de la forma más eficientemente posible y respetar los límites de vertido impuestos por el gobierno intentando mejorarlos siempre que se pueda.

Para mejorar la eficiencia energética, se propone el cambio del sistema de aeración que existe en estos momentos, ya que ha quedado obsoleto, por otro con mejores prestaciones. Para ello se va a analizar los diferentes sistemas que hay de burbujeo en el mercado, teniendo en cuenta las restricciones que tiene esta EDAR por su construcción. La altura del tanque biológico es una de nuestras mayores restricciones, ya que condiciona la eficiencia de los sistemas de burbujeo de forma muy drástica.

A continuación, se estudiará las diferentes opciones que se pueden adoptar para obtener los objetivos deseados, analizando las ventajas y desventajas que nos aportan cada una de ellas.

---

## Sistema de aeración mediante difusores

---

### 7.1 Sistema de aeración superficial

Actualmente es el sistema que se está empleando para disolver el oxígeno necesario en la etapa de degradación de materia orgánica. En la tabla 4 se muestran los costes que tienen estos sistemas; están separados entre línea vieja y línea ampliación, ya que en 2013 se construyó una ampliación añadiendo 2 tanques biológicos más, en los cuales existen 6 turbinas de aeración, 3 por cada reactor.

Parámetros operación	Línea vieja	Línea ampliación
Número de rotores (ud)	3	6
Potencia rotores (kW)	22	22
Horas de funcionamiento al día	18	18
Energía consumida (kW·d)	1.188	2.376
Precio kWh (€)	0,1	0,1
Coste energético anual (€/año)	433.620	867.240

Tabla 4: Costes energéticos turbinas actuales

En la tabla 5 se puede ver la cantidad de oxígeno que pueden aportar las turbinas instaladas a los tanques.

Eficiencia Turbina 1,4y 7 (Kg O <sub>2</sub> /kW)	1,3
Eficiencia Turbina 2,5 y 8 (Kg O <sub>2</sub> /kW)	1,3
Eficiencia Turbina 3,6 y 9 (Kg O <sub>2</sub> /kW)	1,3

Tabla 5: Eficiencia de las turbinas

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

### 7.2 Cálculo de SOTE real.

El SOTE (Standard Oxygen Transfer Efficiency) es la cantidad de oxígeno transferido por cada kilo de oxígeno introducido.

A partir del cálculo de las necesidades de oxígeno en condiciones reales, AOTR, (kg O<sub>2</sub>/día), se aplican los siguientes pasos:

1. Se supone un SOTE dentro de los parámetros del fabricante (de 0 a 1 en tanto por uno).
2. Se propone un número de difusores, conociendo las características y las necesidades del reactor, se puede hacer una estimación aproximada.
3. Se calcula el área activa de los difusores, este parámetro se obtiene multiplicando el número de difusores del punto 2 por el área específica de nuestro difusor.
4. Se calcula el aire necesario, para esto se utiliza el SOTR calculado anteriormente con un valor de 1900 kgO<sub>2</sub>/día, dividido la masa del oxígeno en el aire 0,277 Kg O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, dividido el SOTE supuesto en el punto 1.
5. Se calcula el flujo de aire por área de difusor, esto se hace dividiendo el valor obtenido en el punto 4 y el punto 3.
6. Se calcula el flujo de aire por difusor, se obtiene multiplicando el punto 5 por el área específica del difusor.
7. Se calcula la densidad de difusores, se obtiene dividiendo el área activa entre el área disponible del tanque biológico (327 m<sup>2</sup>).
8. Se calcula el SOTE real utilizando la ecuación de diseño que relaciona el flujo de aire con el SOTE y sustituyendo el punto 6 en la ecuación, luego se multiplica el número obtenido por la altura de lámina de agua (3 m). Como se quiere en tanto por uno se divide todo entre 100.

Este proceso se detendrá cuando se llegue a los valores que cumplen las características técnicas de los difusores y satisfacen las necesidades de oxígeno de la EDAR.

## Sistema de aeración mediante difusores

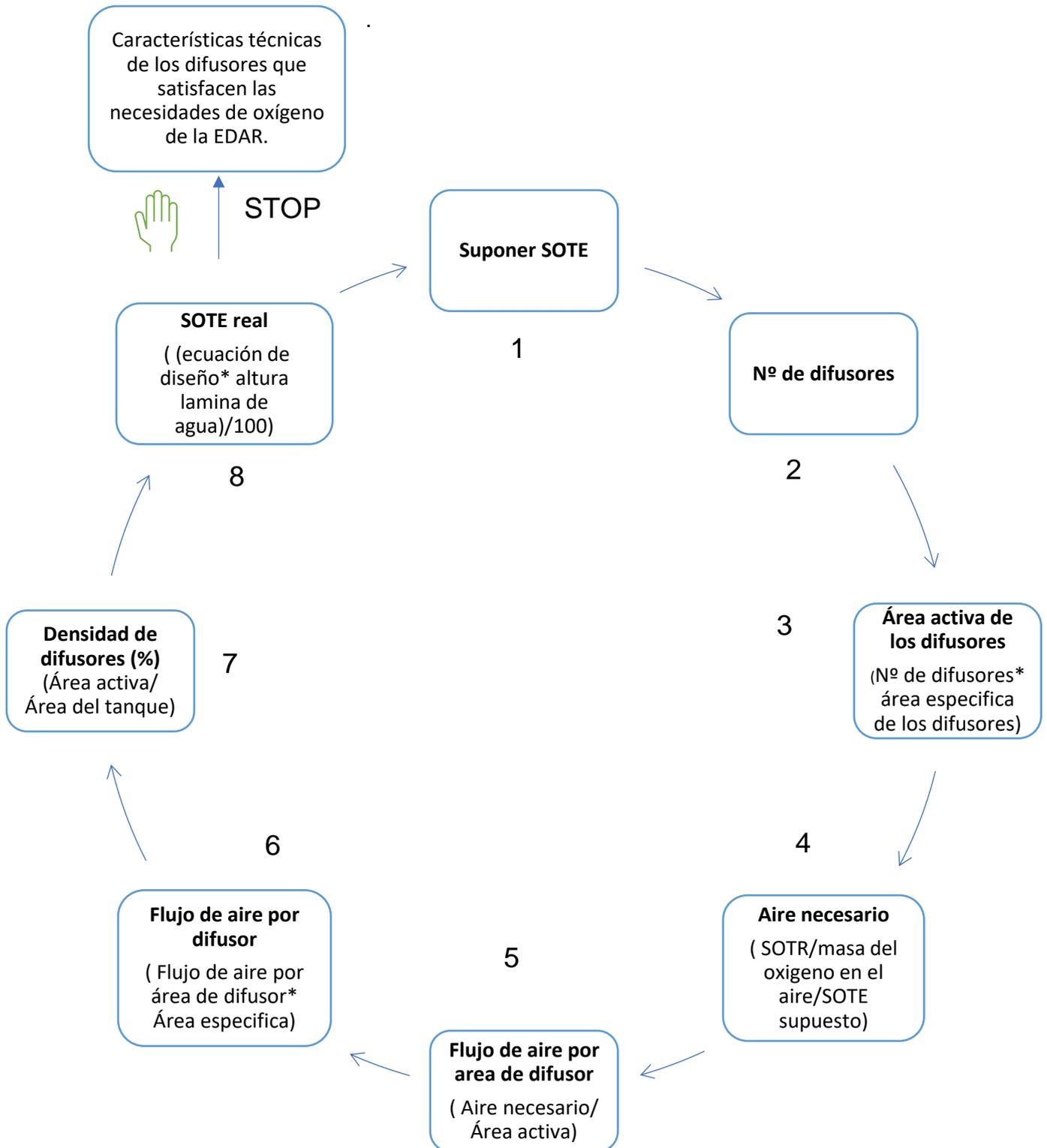


Diagrama de flujo para el cálculo de SOTE real

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

Atendiendo al diagrama anterior se ha realizado un Excel (incluido en el anexo I) con cada uno de los sistemas de aeración propuestos que se detallan en los siguientes apartados.

### **7.3 Sistema aeración de burbuja ultrafina**

Una de las opciones que se plantea en este proyecto es la utilización del difusor de burbuja ultrafina de la empresa Barmatec. Este sistema es nuevo en el mercado y tiene unas prestaciones que se adecuan muy bien a las restricciones de los tanques. Además, difiere mucho de los existentes hasta ahora, ya que tiene una forma rectangular que puede llegar a medir 4 metros pudiendo alcanzar un caudal de 76 Nm<sup>3</sup>/h por cada uno de los difusores. En la ilustración 5 junto con la tabla 6 se pueden observar las diferentes medidas y características que pueden tener estos difusores.

## Sistema de aeración mediante difusores

	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	Altura (mm)	Peso (kg)	Área activa (m <sup>2</sup> )	Máximo caudal (m <sup>3</sup> /h)
SD 180/1500	1500	1480	1620	1720	53	5,0	0,24	29
SD 180/2000	2000	1980	2120	2220	53	6,5	0,32	38
SD 180/3000	3000	2980	3120	3220	53	10	0,48	58
SD 180/4000	4000	3980	4120		53	13	0,64	76

Tabla 6: características del difusor

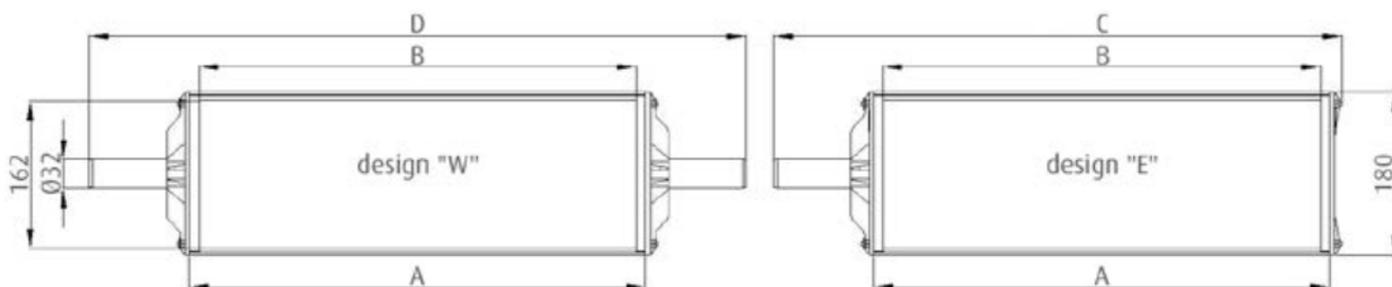


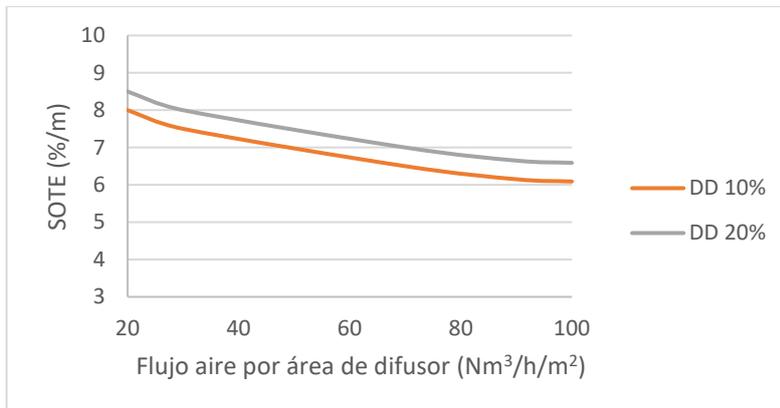
Ilustración 5: Esquema difusor

Con el SOTR calculado en el apartado 6.3 para la línea vieja y línea de ampliación (1900 y 3820 kgO<sub>2</sub>/día respectivamente) y el apartado 7.2 se ha decidido escoger la opción SD180/3000 ya que es la que mejor se adapta a la morfología del reactor.

Atendiendo a las características que facilita el fabricante y las necesidades de oxígeno necesarias se calcula el número de difusores que se necesita, que es de 70 para la línea vieja y de 140 para la línea de ampliación.

Como se puede observar en la gráfica 1, a medida que aumenta el flujo de aire por difusor (menor número de difusores), la eficiencia en la transferencia, SOTE, disminuye.

## Sistema de aeración mediante difusores



Gráfica 1: Cálculo SOTE referido al flujo de aire por área de difusor

Mediante la gráfica 1 y conociendo la densidad de difusores (10%) se obtiene un SOTE de 0,224 (en tanto por uno), con lo que el caudal de aire necesario será de 1183,85 Nm³ aire/h para la línea vieja y de 2367,7 Nm³ aire/h para la línea de ampliación.

### 7.4 Sistema de aeración mediante discos de 12"

Otra opción propuesta más común en estos tipos de reactores son los discos de 12", al ser usados con más frecuencia se pueden mirar diferentes distribuidores y conseguir así el mejor precio, ya que se necesitará un gran número de ellos debido a las restricciones estructurales del propio reactor. En la tabla 7 se puede observar las características técnicas de estos difusores y con la ilustración 6 se puede dar una idea de cómo sería la disposición de estos difusores en el reactor.

Altura	Área perforada	Caudal aire en operación	Caudal de aire máximo
76 mm	0,060 m²	2 – 12 Nm³/h	15 Nm³/h

Tabla 7: Características difusores 12"

---

## Sistema de aeración mediante difusores

---

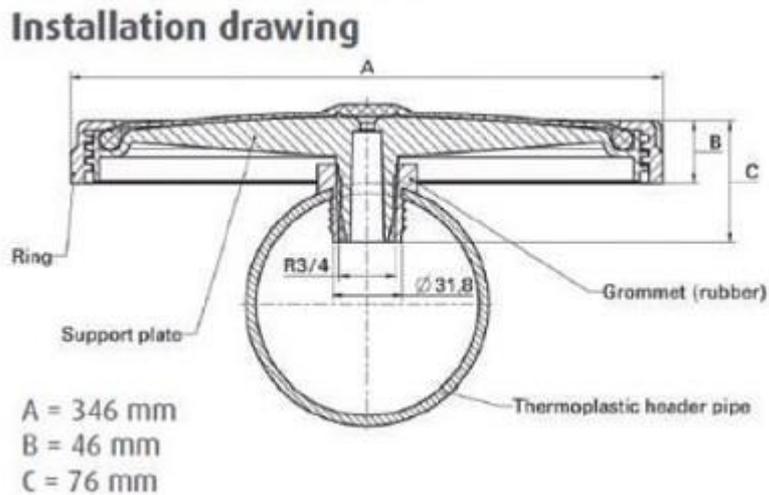
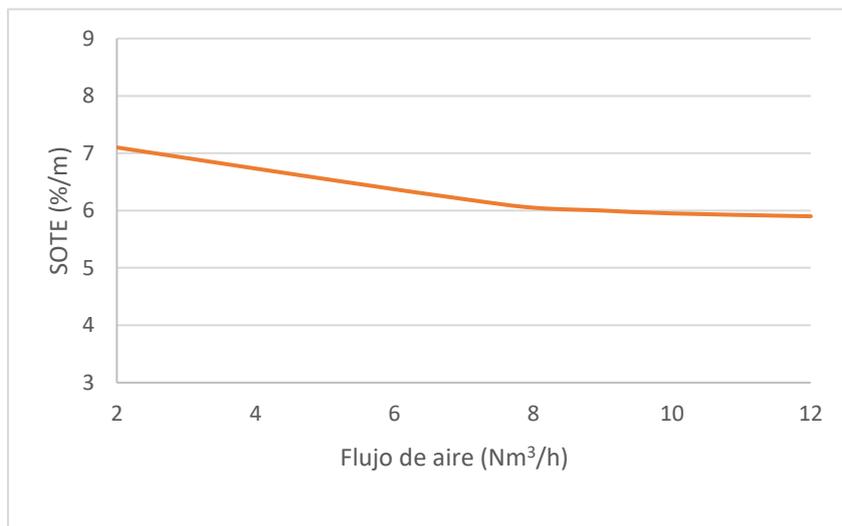


Ilustración 6: Dimensiones difusor 12"



Gráfica2: SOTE referido al flujo de aire para discos de 12"

A través de la gráfica 2 y repitiendo el proceso anteriormente descrito, se obtiene que serán necesarios 550 difusores de 12" para la línea vieja y 1100 para la línea de ampliación. Con un SOTE de 0,211 (en tanto por uno) el caudal de aire es de 1306,32 Nm<sup>3</sup> aire/h para la línea vieja y de 2612,64 Nm<sup>3</sup> aire/h para la línea de ampliación.

---

## Sistema de aeración mediante difusores

---

### 7.5 Sistema de aeración mediante difusores tubulares

Por último, una de las opciones que se plantea es la de los difusores tubulares por sus prestaciones técnicas (ver tabla 8). Son muy parecidos a los de disco, sin embargo, el cambio más significativo que tendríamos entre estos y los otros serían sus características físicas, las cuales se pueden observar en la ilustración 7.

Largo membrana perforada	Largo total	Tipo Membrana	Área perforada	Caudal aire en operación	Caudal máximo
1000 mm	1080 mm	EPDM	0,18 m <sup>2</sup>	2-12 Nm <sup>3</sup> /h	20 Nm <sup>3</sup> /h

Tabla 8: Características técnicas difusor tubular

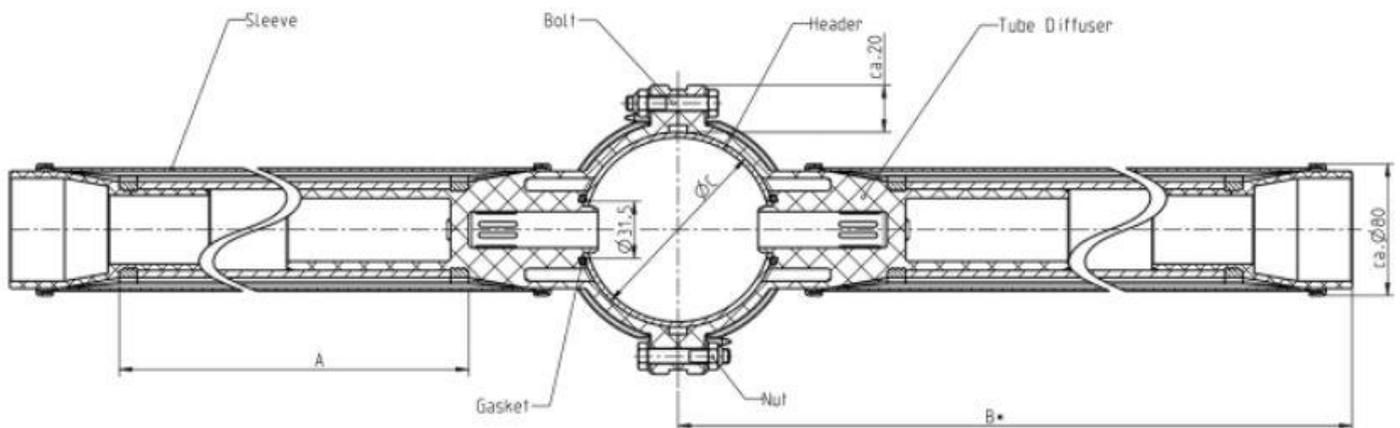
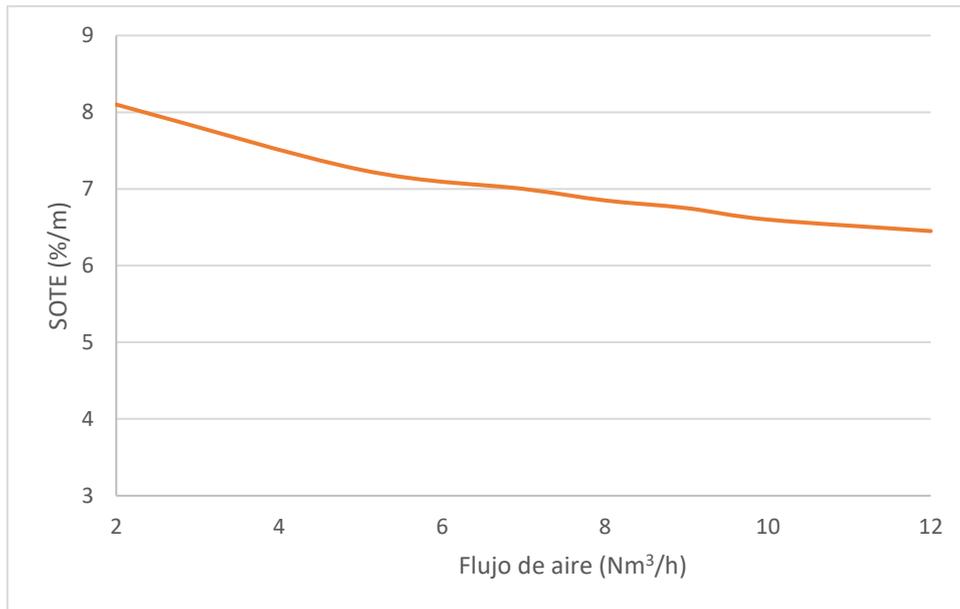


Ilustración 7: Dimensiones difusor tubular

---

## Sistema de aeración mediante difusores

---



Gráfica3: SOTE referido al flujo de aire para difusores tubulares

A través de la gráfica 3 y repitiendo el proceso anteriormente descrito, se obtiene que serán necesarios 184 difusores para la línea vieja y 368 para la línea de ampliación. Con un SOTE de 0,226 (en tanto por uno) el caudal de aire es de 1254,97 Nm<sup>3</sup> aire/h para la línea vieja y de 2509,94 Nm<sup>3</sup> aire/h para la línea de ampliación.

### 7.6 Solución adoptada

Una vez se han descrito las alternativas de aeración para la planta se opta por el sistema de burbuja ultrafina, ya que las características de esta alternativa son las óptimas para el reactor, sabiendo que el mayor condicionante es la altura de lámina de agua (3 metros). El tipo de burbuja que genera este difusor tiene una alta superficie específica (aumentando el producto de  $k_L \cdot a$  de la ecuación 3) por lo que la transferencia de oxígeno será más eficiente. Además, debido a su diseño tiende a colmatarse muy poco, por lo que no se ve afectado su rendimiento durante su vida útil, lo que abarata más los costes de mantenimiento.

En la tabla 9 se resumen los valores calculados para cada difusor, donde se muestra que la elección del difusor SD180/3000 es la óptima, ya que se necesitan menos difusores y el caudal necesario es menor.

## Sistema de aeración mediante difusores

	Numero de difusores	SOTE (tanto por uno)	Caudal de aire (Nm <sup>3</sup> aire/h)
Sistema aeración de burbuja ultrafina (SD180/3000)	70	0,224	1183,85
Sistema de aeración mediante discos de 12"	550	0,211	1306,32
Sistema de aeración mediante difusores tubulares	184	0,226	1254,97

Tabla 9: Valores obtenidos para cada difusor

### 7.6.1 Descripción del proceso

En la ilustración 8 se define la distribución de los difusores el en interior de los tanques, conociendo las dimensiones de ambos.

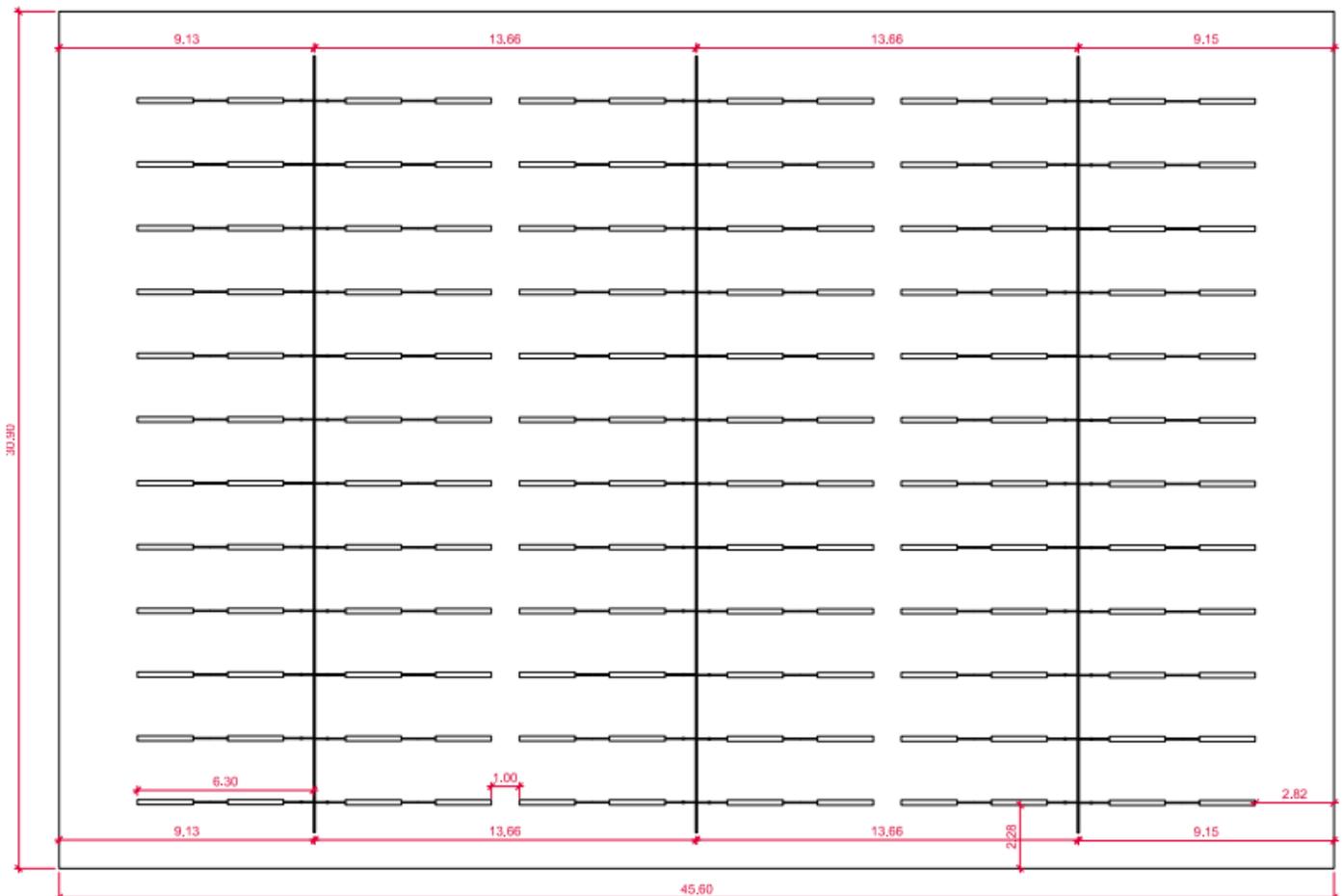


Ilustración 8: Distribución de los difusores SD 180/3000 en el interior del tanque biológico.

Esta distribución será la misma tanto para la línea vieja como para la línea de ampliación, ya que la línea de ampliación está dividida en dos tanques con idéntica geometría.

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

### 7.6.2 Elección de la soplante

El siguiente proceso será la elección de la soplante, tomando la decisión de usar las de levitación magnética, ya que estas no generan rozamiento en las paradas y arranques e incluso tampoco existe durante su funcionamiento, su mantenimiento es mucho menor a la de levitación por aire, la eficiencia supera con creces a las de aire...

Teniendo en cuenta todas estas ventajas, se decide por la empresa SULZER la cual ofrece una amplia gama de soplantes. En la tabla 8 se puede observar las diferentes opciones de soplantes y sus características.

## Sistema de aeración mediante difusores

	HST 2500-1	HST 2500-2	HST 20-4500	HST 20-6000	HST 6000-2	HST 30-36	HST 30-46	HST 40
Rango de caudal de aire (Nm <sup>3</sup> /h)	900 – 4.000	600 – 2.200	1.800 – 5.800	2.300 – 7.000	1.800 – 6.800	2.400 – 9.800	3.000 – 12.300	4.400 – 16.100
Nivel máx. de ruido (dB)	69	74	62	62	92	75	70	70
Incremento de presión (kPa)	30 - 85	30 - 125	30 - 100	30 - 90	80 - 125	30 - 90	30 - 90	30 - 85
Potencia máx. de entrada (kW)	69 - 90	69 - 100	100 - 150	125 - 190	240	190 - 300	190 - 300	300 - 400
Alimentación (V)	380 - 690	380 - 690	380 - 690	380 - 690	380 - 690	380 - 690	380 - 690	380 - 690
Frecuencia de entrada (Hz)	50 - 60	50 - 60	50 - 60	50 - 60	50 - 60	50 - 60	50 - 60	50 - 60
Clase de protección	IP33D							
Protección térmica del motor	PT100							
Vapores químicos permitidos	IEC 60721-3-3 clase 3C3							

Tabla 10: Soplantes SULZER y sus características.

---

## Sistema de aeración mediante difusores

---

Las necesidades de aire para la EDAR con los difusores elegidos teniendo en cuenta tanto la línea vieja como la línea de ampliación son de 3.551,55 Nm<sup>3</sup> aire/h.

La presión que debe vencer la soplante se debe de calcular teniendo en cuenta 3 factores principales.

### 1- Pérdida de carga por rozamiento en las tuberías.

- Longitud tubería AISI 304, 109 metros.
- Longitud tubo PVC de diámetro externo 32 mm, 1664 metros.
- Densidad del aire a 15 °C y 1 atm, 1,225 kg/m<sup>3</sup>.
- Valores de K para los distintos accidentes, 0,75 codo de 90° (existen 4), 0,04 manguito de unión (existen 500).

Con todo ello se obtiene una pérdida de carga de 107 mbar.

### 2- Pérdida de carga por los difusores.

Esta información se obtiene de la gráfica 11 que proporciona el fabricante, y de los cálculos del anexo I tabla 3, para conocer el flujo de aire por área de difusor (35,233 Nm<sup>3</sup>aire/h·m<sup>2</sup>).

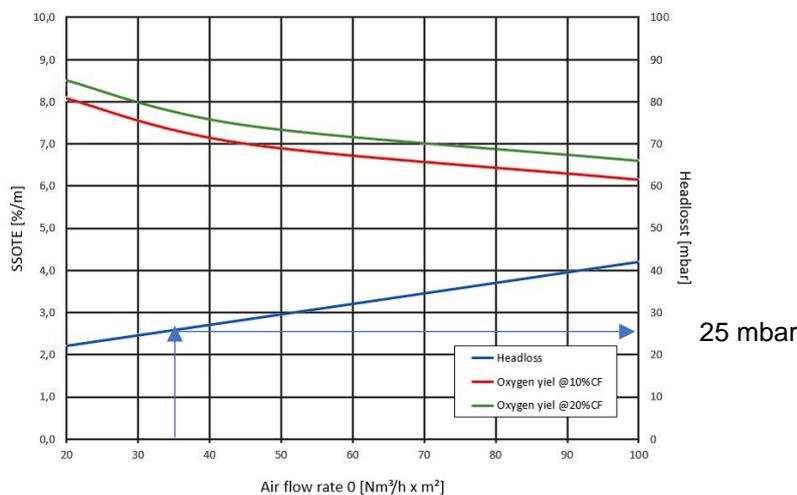


Tabla 11: Relación del flujo de aire por área de difusor y pérdida de carga. BARMATEC

### 3- Pérdida de carga debida a la lámina libre de agua.

La altura de la lámina libre de agua del tanque es de 3 metros, si se multiplica la altura por la presión hidrostática (100mbar/m), se obtiene una pérdida de carga de 300 mbar

Sumando las pérdidas de carga de los 3 puntos se obtiene la presión total que debemos vencer, 432mbar → 43,2 kPa

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

Observando la tabla 10 se decide optar por la soplante HST 20-4500 de la empresa SULZER ya que se adecua a las necesidades requeridas teniendo un consumo relativamente bajo.

En la tabla 12 se pueden observar las características de la soplante seleccionada.

	HST 20-4500
Rango de caudal de aire, Nm <sup>3</sup> /h	1.800 – 5.800
Incremento de presión, kPa	30 - 100
Potencia máx. de entrada, kW	100 - 150
Nivel máx. de ruido, dB	62

*Tabla 12: Características soplante HST 2500-2*

La morfología de la soplante HST 20-4500 es: Motor eléctrico de alta velocidad y montaje vertical para funcionamiento a velocidad variable. El motor se refrigera por aire a través de un ventilador instalado en un eje integrado y los devanados están protegidos por sensores Pt100 monitorizados por el sistema de control local.

El impulsor ha sido diseñado para optimizar el rendimiento y se ha mecanizado a partir de una pieza maciza de aleación de aluminio de alta resistencia. La voluta y otros componentes principales se fabrican de aluminio fundido. Un sello sin contacto entre el extremo del aire y el motor minimiza las pérdidas para mantener la alta eficiencia.

El control del caudal se realiza mediante un variador de frecuencia integrado que también admite variaciones de la presión de salida y de las condiciones ambientales de entrada. La función de arranque suave del variador de frecuencia elimina picos de corriente de arranque. Rodamientos magnéticos activos dos rodamientos radiales y dos rodamientos axiales sostienen el motor. El controlador de rodamientos magnéticos utiliza los datos proporcionados por varios sensores para gestionar de manera continua la posición del rotor.

La válvula de alivio está montada en el conjunto del compresor y un silenciador externo proporciona atenuación.

La cabina ofrece protección para los componentes eléctricos y mecánicos y proporciona atenuación del ruido eficiente para la máquina. La cabina está fabricada de acero galvanizado, con lo que resulta adecuado para uso en interior (IP 33D).

La interfaz hombre-máquina local integrada (HMI) proporciona control y monitorización para el funcionamiento seguro y eficiente de la máquina. El operador puede controlar el

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

caudal directamente, o alternativamente, el turbocompresor puede seguir un valor de referencia específico. La HMI local utiliza un teclado y una pantalla de texto para facilitar el acceso al operador

Las conexiones de control y monitorización, analógicas y digitales, están integradas.

## **8. Conclusiones**

En el presente proyecto, se han estudiado los mecanismos implicados en la aeración de una EDAR, centrándose en la transferencia de oxígeno a un líquido mediante aireación forzada. Después de comparar los distintos tipos de difusores y sus características, se ha llegado a la conclusión de que el mejor sistema de aeración es el de burbuja ultrafina SD180/3000 de la empresa Barmatec. La superficie específica que generan estas burbujas aumenta el producto  $K_L \cdot a$  y a su vez aumenta la eficiencia de transferencia de oxígeno, por lo que se requiere menor flujo de aire por difusor y, por tanto, menos horas de funcionamiento de la soplante, lo que reduce drásticamente los costes cumpliendo así el principal objetivo de este proyecto.

## **9. Planificación**

Al igual que en cualquier proyecto de Ingeniería, es necesaria una planificación de las distintas tareas a realizar para poder finalizar el proyecto en el plazo de tiempo estimado. En la planificación se deben tener en cuenta todos los recursos y el tiempo que cuesta llevar a cabo cada tarea. En la tabla 10 se muestran las diferentes tareas en las que se divide el proyecto.

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

Fase	Descripción	Duración (Días)	Comienzo	Fin
1	Entrega y aceptación del proyecto	7	2/11/2020	10/11/2020
2	Limpieza y adecuación de las instalaciones	20	11/11/2020	4/12/2020
3	Cubrición de las unidades	10	9/12/2020	21/12/2020
4	Instalación de los sistemas de aeración	15	22/12/2020	14/1/2021
5	Instalación de las conducciones	10	15/1/2021	27/1/2021
6	Instalación eléctrica	5	28/1/2021	3/2/2021
7	Puesta en marcha y prueba	5	4/2/2021	11/2/2021

*Tabla 13 : Planificación de las etapas del proyecto*

---

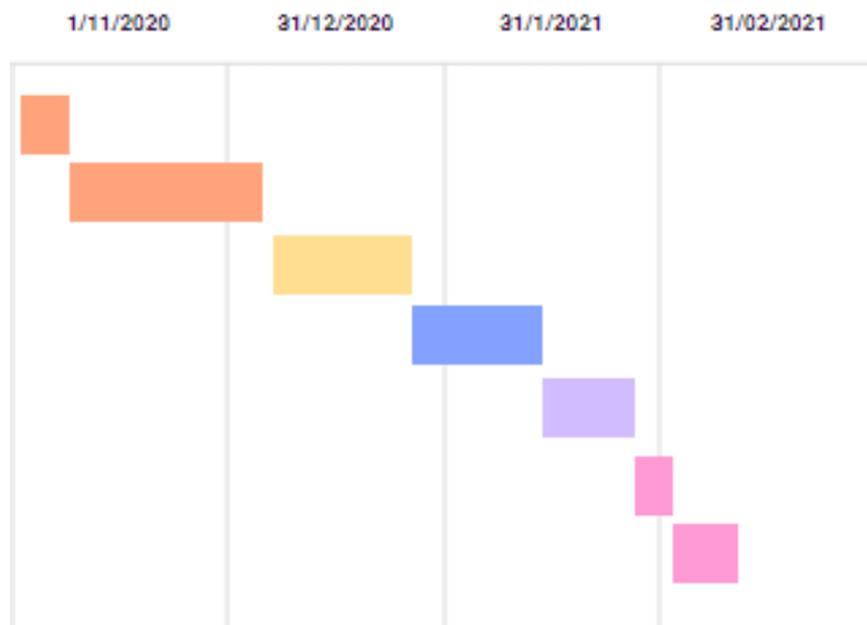
## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

La planificación se ha realizado de forma aproximada, sin tener en cuenta posibles retrasos del material u otros imprevistos como las condiciones meteorológicas, problemas en la instalación de equipos, etc.

Teniendo en cuenta la consideración anterior, la duración total del proyecto es de 87 días laborales o 102 días naturales, contando con una jornada laboral de 8 horas al día de lunes a sábado. La fecha de inicio está programada para el día 2 de noviembre del 2020 y la fecha de finalización para el día 11 de febrero de 2021.

En la ilustración 9 se muestra el Diagrama de Gantt para visualizar de forma rápida la distribución del tiempo para cada tarea.



*Ilustración 9: Diagrama de Gantt*

### **10. Orden de prioridad entre los documentos básicos**

Según los criterios generales para la elaboración precisa de los documentos que forman un proyecto técnico y de acuerdo con la norma UNE 157001: 2014, cualquier proyecto debe poseer un título que lo identifique de manera clara. El orden de prioridad de los documentos que lo constituyen es el siguiente:

1. Índice
2. Anexos
3. Memoria
4. Planos
5. Pliego de condiciones
6. Estado de mediciones
7. Presupuesto

### **11. Estudio de viabilidad económica**

En este apartado se hará un estudio de viabilidad económica, este estudio no será al uso ya que nuestra planta no genera ganancias si no que tiene el fin de dar un servicio esencial. Lo que se busca con esto es que el periodo de retorno sea menor a 4 años, ya que los contratos de explotación de estas estaciones son de 4 años.

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

### 11.1 Resumen del presupuesto

En el siguiente apartado se resumirán las partes principales del presupuesto (en el documento Presupuesto se encuentran los cuadros de precios detallados).

#### 11.1.1 PEM

El presupuesto de ejecución material (PEM) consta de 4 partes, llamadas Partidas presupuestarias. En la Tabla P.5 se presentan cada una de ellas.

PARTIDAS	COSTES (€)
Partida 1: Equipos principales	133.200,00
Partida 2: Conducciones	2.805,70
Partida 3: Accesorios	4.000,00
Partida 4: Obra civil	35.000,00
<b>TOTAL PEM</b>	<b>175.005,75</b>

*Tabla P. 5: Presupuesto Ejecución Material Total*

#### 11.1.2 PEC

El presupuesto de Ejecución por Contrata se halla mediante la siguiente fórmula:

$$PEC = PEM + Gastos Generales + Beneficio industrial$$

En la Tabla M.14 se muestran los valores de cada uno de estos parámetros.

PEM	Presupuesto de Ejecución Material	175.005,75€
GG	Gastos Generales (13% del PEM)	22.750,75€
Bº industrial	Beneficio industrial (6% del PEM)	10.500,35€
	<b>TOTAL PEC</b>	<b>208.256,85€</b>

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

El Presupuesto de Ejecución por Contrata se calcula añadiendo el valor del I.V.A. (21% actualmente) al valor del Presupuesto de Ejecución por Contrata. El valor del PEC equivale a la inversión inicial a realizar para poder llevar a cabo el proyecto. En el caso del presente proyecto, su valor es: 251.990,79€.

### **11.2 Beneficio**

Para saber el beneficio se calculará la diferencia entre los gastos energéticos que se tenían con el sistema de aeración actual y con el nuevo sistema a implantar.

Se empezará calculando el coste energético de las turbinas de aeración. Al estar implantadas en la planta se puede conocer de manera empírica su rango de funcionamiento:

- **Turbinas**

$$22\text{kW} * 18\text{h/día} * 365 \text{ días/ año} * 9 \text{ turbinas} = 1.300.860 \text{ kWh/año}$$

El siguiente paso será conocer el rango de funcionamiento de la soplante elegida. Para ello se introducirán las características del afluente, el caudal de aire que requiere la EDAR con el sistema de burbujeo a implantar y las características del efluente en el programa de simulación BioWin 5.1. Con esto se obtienen las horas de funcionamiento de la soplante:

- **Soplante HST 20-4500**

$$130\text{kW} * 14\text{h/día} * 365 \text{ días/año} * 1 \text{ soplante} = 664.300 \text{ kWh/año}$$

Por último, se calcula el ahorro energético como la diferencia de consumo entre las turbinas y la soplante seleccionada:

- **Ahorro**

$$636.560 \text{ kWh/año} * 0.10\text{€/kWh} = 63.656 \text{ €/año}$$

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

### 11.3 Periodo de retorno

El período de retorno (PR) es un parámetro que indica aproximadamente el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial de un proyecto. Se halla mediante la siguiente ecuación:

$$PR = \frac{\textit{Inversión inicial}}{\textit{Beneficio anual}}$$

*Ecuación 6: Periodo de retorno*

- Inversión inicial: 251.990,79€
- Beneficio anual: 63.656 €

Se obtiene un periodo de retorno de **3 años y 345 días**.

### 11.4 Conclusiones del estudio de viabilidad económica.

Como se ha comentado anteriormente la finalidad de este tipo de instalaciones no es la de generar unos ingresos con sus productos, si no de dar un servicio de primera necesidad a la población.

El periodo de retorno que se ha obtenido es de 3 años y 345 días, y aunque se ajusta mucho a los 4 años, se cumple el objetivo.

En este cálculo no se ha tenido en cuenta las posibles ayudas económicas del estado a este tipo de proyectos, lo que podría reducir la inversión inicial y por tanto el periodo de retorno.

## **2. ANEXOS**

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

### **ÍNDICE**

1. ANEXO I: Cálculos para el diseño de los sistemas de aeración.....	3
1.1 Determinación de la cantidad de oxígeno necesaria.....	3
1.2 Cálculo de parámetros de los sistemas de burbujeo.....	5
1.2.1 Sistema de burbuja ultrafina.....	7
1.2.2 Sistema de discos de 12”.....	8
1.2.2 Sistema de difusores tubulares.....	11
2. ANEXO II: Catálogos de los fabricantes.....	14
2.1 Difusores de burbuja ultrafina.....	14
2.2 Difusores de disco de 12”.....	15
2.3 Difusores tubulares.....	16
2.4 Soplante.....	17

## Sistema de aeración mediante difusores

### 1. ANEXO I: Cálculos para el diseño de los sistemas de aeración.

#### 1.1 Determinación de la cantidad de oxígeno necesaria

Para comenzar, se mostrarán las características del afluente y del efluente las cuales son:

Medidas	Valor	Unidades
<b>a'</b>	0,59	-
<b>b'</b>	0,0092	-
<b>S<sub>0</sub></b>	181	mg/l
<b>Q</b>	6666,5	m <sup>3</sup> /día
<b>S</b>	6	mg/l
<b>V</b>	2140	m <sup>3</sup>
<b>X</b>	1,95	kg/m <sup>3</sup> SSLM
<b>Cm</b>	0,2	Kg DBO5/Kg SSVL M/d

Tabla 1: Características de nuestra EDAR.

Para conseguir los valores de  $a'$  y  $b'$  se utiliza el método Eckenfelder, Lauren y McCarty.

Cm	a'	b'
1	0,5	0,136
0,7	0,5	0,131
0,5	0,5	0,123
0,4	0,53	0,117
0,3	0,555	0,108
0,2	0,59	0,092
0,1	0,652	0,066
0,05	0,66	0,04

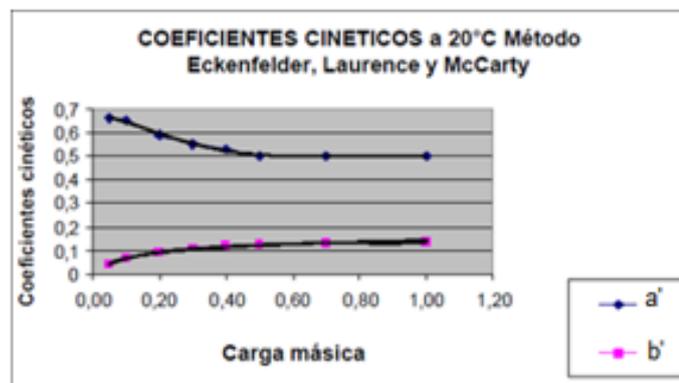


Tabla 2: Valores de  $a'$  y  $b'$  dependiendo de nuestra carga másica

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

El siguiente paso será calcular la capacidad real de transferencia de oxígeno mediante la ecuación 1.

$$AOTR = a' * Q(S_0 - S) * \frac{1}{10^3} + b' * V * X$$

*Ecuación 1: Cálculo de AOTR*

Donde:

- a': coeficiente de respiración para síntesis.
- b': coeficiente de respiración endógena. Ambos valores dependen de la carga másica
- S<sub>0</sub>: Concentración media de DBO5 a la entrada, (mg/l).
- Q: Caudal de operación, (m<sup>3</sup>/día).
- S: Concentración de DBO5 a la salida, (mg/l).
- V: Volumen, (m<sup>3</sup>).
- X: Concentración de SSVLM, (kg/m<sup>3</sup> SSLM).

Utilizando la tabla 1 junto con la ecuación 1 se obtiene un valor de AOTR de 1095,83 kgO<sub>2</sub>/día.

El último paso, es el cálculo de la capacidad de transferencia estándar de oxígeno. El cual se calcula mediante la ecuación 2.

$$SOTR = AOTR \left[ \frac{C_{S,20}}{\alpha * (\beta * C_{S,T,H} - C_L)} \right] * (1,024^{20-T})$$

*Ecuación 2: Cálculo del SOTR*

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

Donde:

- SOTR: Capacidad de transferencia estándar de oxígeno (kg/h)
- AOTR: Capacidad real de transferencia de oxígeno (kg/h)
- $\alpha$ : Constante de transferencia relativa en agua limpia
- $\beta$ : Constante relativa de saturación del oxígeno disuelto en agua limpia (entre 0,95- 0,98)
- $C_L$ : Saturación del oxígeno disuelto al nivel del mar y temperatura de operación, 15°C (mg/l)
- $C_{s,20}$ : Valor de saturación del oxígeno disuelto al nivel del mar a 20°C (mg/l)
- $C_{s,T,H}$ : Valor de saturación del oxígeno disuelto al nivel del mar a 20°C para la aireación de difusores (mg/l)

Con la que se obtiene un valor de SOTR de 1889 kgO<sub>2</sub>/día.

### 1.2 Cálculo de parámetros de los sistemas de burbujeo.

Para ello se realizará un método iterativo para cada uno de los sistemas a estudiar, haciendo uso de una tabla Excel y siguiendo los siguientes pasos:

## Sistema de aeración mediante difusores

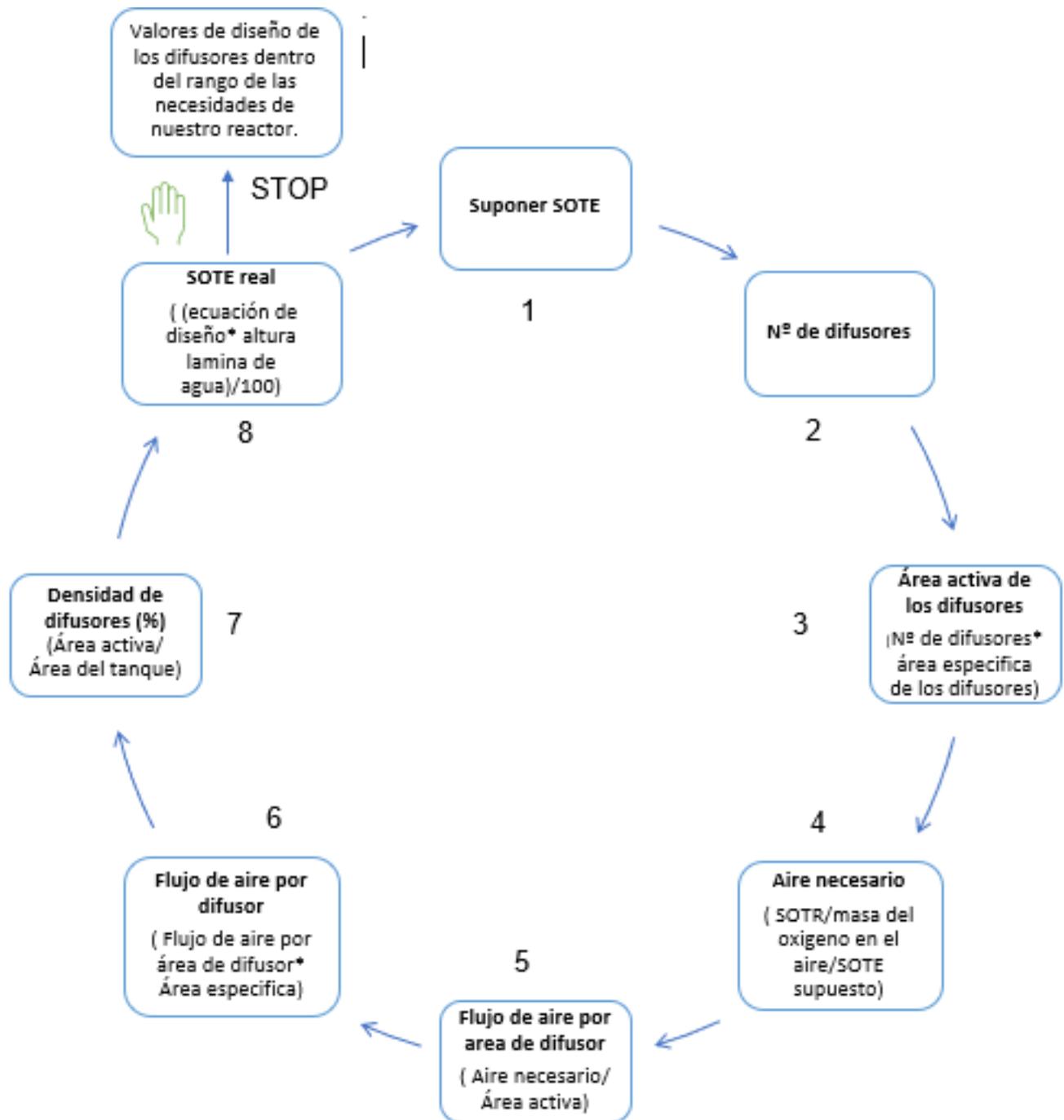


Diagrama de flujo para el cálculo de SOTE real

## Sistema de aeración mediante difusores

### 1.2.1 Sistema de burbuja ultrafina.

Las características del difusor SD 180/3000 el cual se ha seleccionado y del tanque biológico son:

- Área específica difusor SD 180/3000: 0,48 m<sup>2</sup>
- Área del tanque biológico: 327,6 m<sup>2</sup>
- SOTR: 1888,86 Kg O<sub>2</sub>/día
- Masa de oxígeno en el aire: 0,277 Kg O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> aire

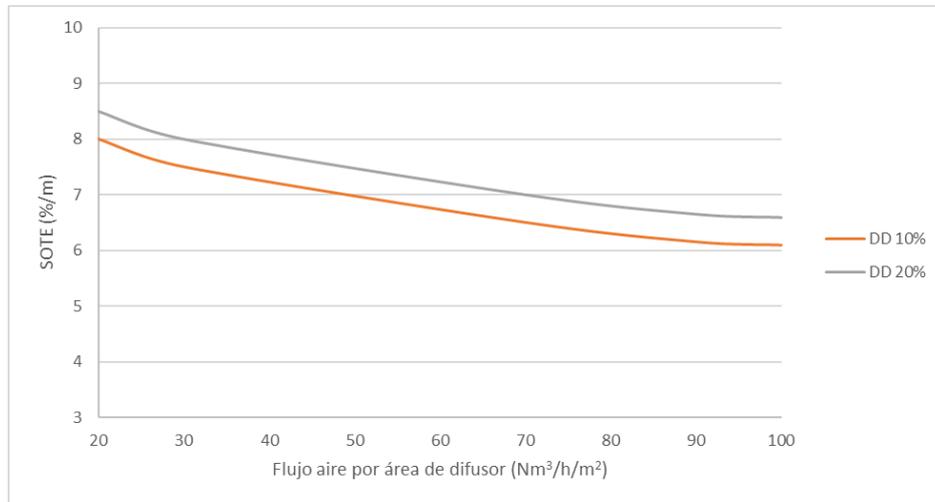
SOTE (supuesto)	Nº Difusores	Área específica difusores (m <sup>2</sup> )	%DD	Aire necesario (Nm <sup>3</sup> aire/h)	Flujo aire por área difusor (Nm <sup>3</sup> aire/h·m <sup>2</sup> )	SOTE (DD 20%)	SOTE (DD 10%)
0,218	55	26,4	8,06%	1306,31	49,481	0,229	0,214
0,219	56	26,88	8,21%	1297,372	48,265	0,23	0,215
0,221	57	27,36	8,35%	1288,546	47,096	0,231	0,216
0,222	58	27,84	8,50%	1279,84	45,971	0,231	0,216
0,224	59	28,32	8,64%	1271,25	44,888	0,232	0,217
0,225	60	28,8	8,79%	1262,775	43,846	0,233	0,218
0,227	61	29,28	8,94%	1254,413	42,841	0,234	0,219
0,228	62	29,76	9,08%	1246,16	41,873	0,234	0,219
0,229	63	30,24	9,23%	1238,015	40,939	0,235	0,22
0,231	64	30,72	9,38%	1229,976	40,038	0,236	0,221
0,233	65	31,2	9,52%	1222,041	39,167	0,236	0,221
0,234	66	31,68	9,67%	1214,207	38,327	0,237	0,222
0,236	67	32,16	9,82%	1206,473	37,514	0,237	0,222
0,237	68	32,64	9,96%	1198,837	36,729	0,238	0,223
0,239	69	33,12	10,11%	1191,297	35,969	0,238	0,223
0,240	70	33,6	10,26%	1183,852	35,233	0,239	0,224
0,242	71	34,08	10,40%	1176,499	34,521	0,239	0,224
0,243	72	34,56	10,55%	1169,236	33,832	0,24	0,225
0,245	73	35,04	10,70%	1162,063	33,163	0,24	0,225
0,246	74	35,52	10,84%	1154,977	32,516	0,241	0,226
0,248	75	36	10,99%	1147,977	31,888	0,241	0,226
0,249	76	36,48	11,14%	1141,062	31,279	0,242	0,227
0,251	77	36,96	11,28%	1134,229	30,688	0,242	0,227
0,252	78	37,44	11,43%	1127,478	30,114	0,243	0,228
0,254	79	37,92	11,58%	1120,806	29,557	0,243	0,228
0,255	80	38,4	11,72%	1114,213	29,015	0,243	0,228
0,257	81	38,88	11,87%	1107,698	28,49	0,244	0,229
0,258	82	39,36	12,01%	1101,257	27,979	0,244	0,229
0,260	83	39,84	12,16%	1094,892	27,482	0,244	0,229
0,261	84	40,32	12,31%	1088,599	26,999	0,245	0,23
0,263	85	40,80	12,45%	1082,379	26,528	0,245	0,23

Tabla 3: Cálculo del SOTE para difusores SD 180/3000

---

## Sistema de aeración mediante difusores

---



Gráfica 1: SOTE en función del flujo de aire por difusor

Mediante la gráfica 1 se obtienen las ecuaciones características de los difusores que relacionan el número de difusores con el SOTE. Para una densidad de difusores del 10%  $y = -0,0237x + 8,3172$  con un  $R^2 = 0,9719$ , para 20%  $y = -0,0237x + 8,8172$  con un  $R^2 = 0,9719$ .

En la tabla 3 subrayado de color azul se encuentra la opción elegida por el estudio.

### 1.2.2 Sistema de discos de 12".

Las características del difusor de discos de 12" y del tanque biológico son:

- Área específica difusor:  $0,06 \text{ m}^2$
- Área del tanque biológico:  $327,6 \text{ m}^2$
- SOTR:  $1888,86 \text{ Kg O}_2/\text{día}$
- Masa de oxígeno en el aire:  $0,277 \text{ Kg O}_2/\text{m}^3 \text{ aire}$

## Sistema de aeración mediante difusores

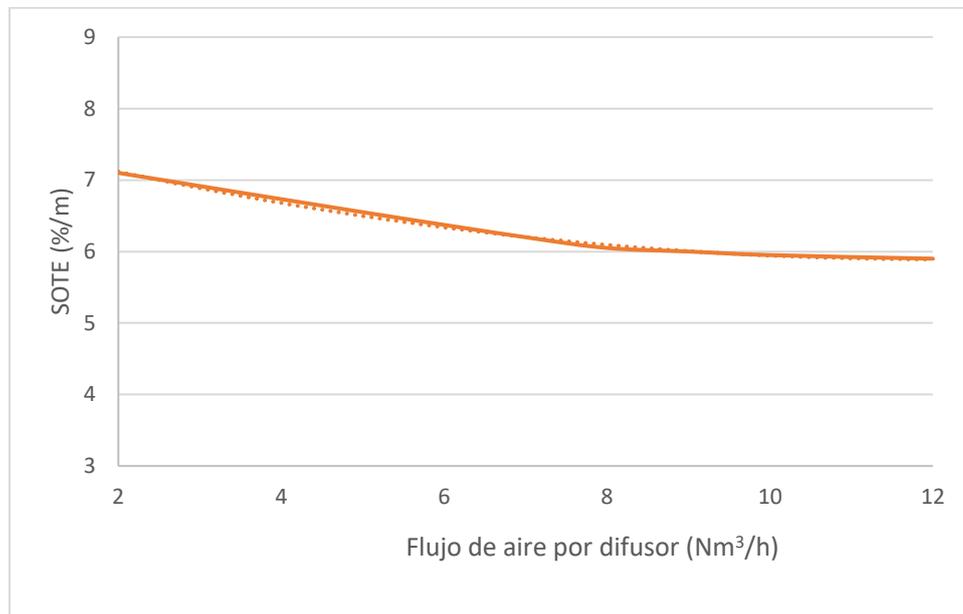
SOTE (supuesto)	Nº Difusores	Área activa difusores (m <sup>2</sup> )	Aire necesario (Nm <sup>3</sup> aire/h)	Flujo aire por área difusor	Flujo aire por difusor (Nm <sup>3</sup> aire/h)	SOTE (real)	DD%
0,2145	530	31,8	1324,589	41,653	2,499	0,209	9,7%
0,2148	532	31,92	1322,739	41,439	2,486	0,21	9,7%
0,2151	534	32,04	1320,895	41,226	2,473	0,21	9,8%
0,2154	536	32,16	1319,055	41,015	2,46	0,21	9,8%
0,2157	538	32,28	1317,22	40,806	2,448	0,21	9,9%
0,216	540	32,4	1315,391	40,598	2,435	0,21	9,9%
0,2163	542	32,52	1313,567	40,392	2,423	0,21	9,9%
0,2166	544	32,64	1311,747	40,188	2,411	0,21	10,0%
0,2169	546	32,76	1309,933	39,985	2,399	0,21	10,0%
0,2172	548	32,88	1308,124	39,784	2,387	0,21	10,0%
0,2175	550	33	1306,319	39,585	2,375	0,21	10,1%
0,2178	552	33,12	1304,52	39,387	2,363	0,21	10,1%
0,2181	554	33,24	1302,726	39,191	2,351	0,211	10,1%
0,2184	556	33,36	1300,936	38,996	2,339	0,211	10,2%
0,2187	558	33,48	1299,152	38,803	2,328	0,211	10,2%
0,219	560	33,6	1297,372	38,612	2,316	0,211	10,3%
0,2193	562	33,72	1295,597	38,422	2,305	0,211	10,3%
0,2196	564	33,84	1293,827	38,233	2,294	0,211	10,3%
0,2199	566	33,96	1292,062	38,046	2,282	0,211	10,4%
0,2202	568	34,08	1290,302	37,86	2,271	0,211	10,4%
0,2205	570	34,2	1288,546	37,676	2,26	0,211	10,4%
0,2208	572	34,32	1286,795	37,494	2,249	0,211	10,5%
0,2211	574	34,44	1285,049	37,312	2,238	0,211	10,5%
0,2214	576	34,56	1283,308	37,132	2,227	0,211	10,5%
0,2217	578	34,68	1281,572	36,954	2,217	0,211	10,6%
0,222	580	34,8	1279,84	36,777	2,206	0,212	10,6%
0,2223	582	34,92	1278,113	36,601	2,196	0,212	10,7%
0,2226	584	35,04	1276,39	36,426	2,185	0,212	10,7%
0,2229	586	35,16	1274,672	36,253	2,175	0,212	10,7%
0,2232	588	35,28	1272,959	36,081	2,164	0,212	10,8%
0,2235	590	35,4	1271,25	35,911	2,154	0,212	10,8%

Tabla 4: Cálculo del SOTE para difusores de disco de 12"

---

## Sistema de aeración mediante difusores

---



Gráfica 2: SOTE en función del flujo de aire por difusor

Mediante la gráfica 2 se obtiene la ecuación característica de los difusores, que relaciona flujo de aire por difusor con el SOTE. La cual es  $y = 0,012x^2 - 0,2913x + 7,6526$  con un  $R^2 = 0,9955$ .

En la tabla 4 subrayado de color azul se encuentra la opción elegida por el estudio.

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

### 1.2.2 Sistema de difusores tubulares.

Las características de los difusores tubulares y del tanque biológico son:

- Área específica difusor: 0,18 m<sup>2</sup>
- Área del tanque biológico: 327,6 m<sup>2</sup>
- SOTR: 1888,86 Kg O<sub>2</sub>/día
- Masa de oxígeno en el aire: 0,277 Kg O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> aire

## Sistema de aeración mediante difusores

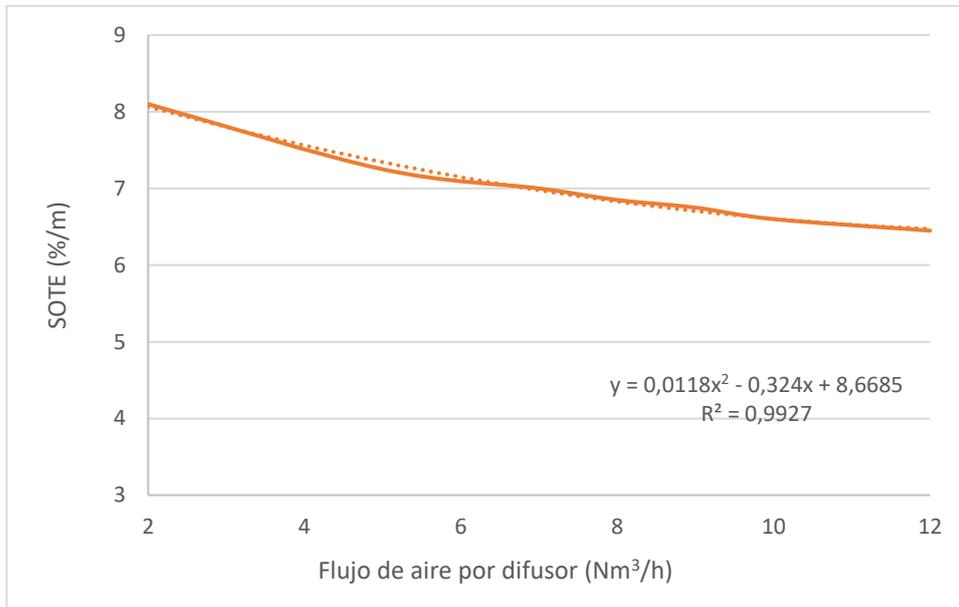
SOTE (supuesto)	Nº Difusores	Área activa difusores (m <sup>2</sup> )	Aire necesario (Nm <sup>3</sup> aire/h)	Flujo aire por área difusor	Flujo aire por difusor (Nm <sup>3</sup> aire /h)	SOTE (real)	DD%
0,3675	175	31,5	773,128	24,543	4,417	0,224	9,6%
0,369	176	31,68	769,985	24,305	4,374	0,224	9,7%
0,3705	177	31,86	766,867	24,069	4,332	0,224	9,7%
0,372	178	32,04	763,775	23,838	4,29	0,224	9,8%
0,3735	179	32,22	760,708	23,609	4,249	0,225	9,8%
0,375	180	32,4	757,665	23,384	4,209	0,225	9,9%
0,3765	181	32,58	754,646	23,162	4,169	0,225	9,9%
0,378	182	32,76	751,652	22,944	4,129	0,225	10,0%
0,3795	183	32,94	748,681	22,728	4,091	0,226	10,1%
0,381	184	33,12	745,733	22,516	4,052	0,226	10,1%
0,3825	185	33,3	742,809	22,306	4,015	0,226	10,2%
0,384	186	33,48	739,907	22,099	3,977	0,226	10,2%
0,3855	187	33,66	737,028	21,896	3,941	0,227	10,3%
0,387	188	33,84	734,171	21,695	3,905	0,227	10,3%
0,3885	189	34,02	731,337	21,497	3,869	0,227	10,4%
0,39	190	34,2	728,524	21,301	3,834	0,227	10,4%
0,3915	191	34,38	725,733	21,109	3,799	0,228	10,5%
0,393	192	34,56	722,963	20,919	3,765	0,228	10,5%
0,3945	193	34,74	720,214	20,731	3,731	0,228	10,6%
0,396	194	34,92	717,486	20,546	3,698	0,228	10,7%
0,3975	195	35,1	714,778	20,364	3,665	0,229	10,7%
0,399	196	35,28	712,091	20,184	3,633	0,229	10,8%
0,4005	197	35,46	709,424	20,006	3,601	0,229	10,8%
0,402	198	35,64	706,777	19,831	3,569	0,229	10,9%
0,4035	199	35,82	704,15	19,658	3,538	0,23	10,9%
0,405	200	36	701,542	19,487	3,507	0,23	11,0%
0,4065	201	36,18	698,953	19,318	3,477	0,23	11,0%
0,408	202	36,36	696,383	19,152	3,447	0,23	11,1%
0,4095	203	36,54	693,832	18,988	3,417	0,23	11,2%
0,411	204	36,72	691,3	18,826	3,388	0,231	11,2%
0,4125	205	36,9	688,786	18,666	3,359	0,231	11,3%

Tabla 5: Cálculo del SOTE para difusores tubulares.

---

## Sistema de aeración mediante difusores

---



Gráfica 2: SOTE en función del flujo de aire por difusor

Mediante la gráfica 2 se obtiene la ecuación característica de los difusores, que relaciona flujo de aire por difusor con el SOTE. La cual es  $0,0118x^2 - 0,324x + 8,6685$  con un  $R^2 = 0,9927$ .

En la tabla 5 subrayado de color azul se encuentra la opción elegida por el estudio.

## Sistema de aeración mediante difusores

### 2.ANEXO II: Catálogos de los fabricantes

#### 2.1 Difusores de burbuja ultrafina.

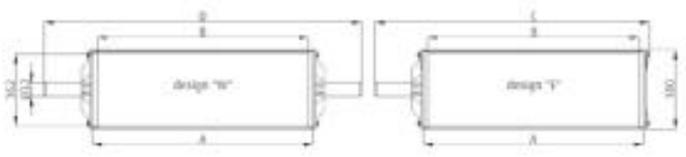
# Strip Diffuser

Difusor de burbuja  
*ultra fina*





DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL DIFUSOR									
	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	Alimentación (mm)	Altura (mm)	Peso (kg)	Área Activa (m <sup>2</sup> )	Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)
SD 180/1500	1500	1480	1620	1720	32	53	5.0	0.24	29
SD 180/2000	2000	1980	2120	2220			6.5	0.32	38
SD 180/3000	3000	2980	3120	3220			10	0.48	58
SD 180/4000	4000	3980	4120	-			13	0.64	76

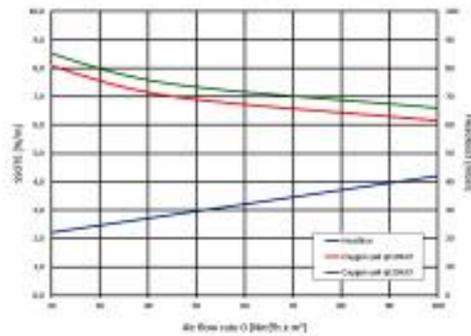


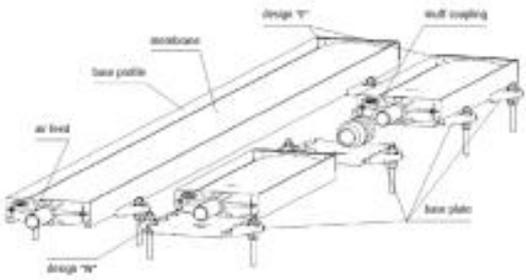
**MATERIALES**

Membrana	Poliuretano
Perfil base	PVC
Alimentación y Válvula antirretorno	PP 30% GF
Plato base	PP
Uniones roscadas	A4 / AISI 316

**ESQUEMA DE INSTALACIÓN**

SSOTE Y PÉRDIDA DE CARGA STRIP DIFFUSER





www.aireacion.es  
barmatec@barmatec.es  
+34 93 878 67 34



ESPECIALISTAS EN SISTEMAS DE AIREACIÓN

## Sistema de aeración mediante difusores

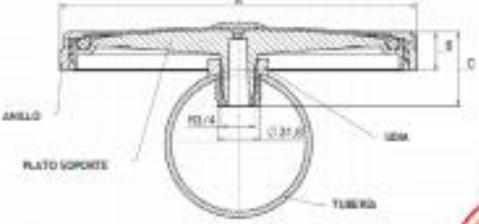
### 2.2 Difusores de disco de 12"

# Difusores 12"



DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL DIFUSOR				
Material membrana	Temperatura operación aire	Temperatura operación agua	Modo de operación	Aplicación
EPDM	5 - 80 °C	5 - 40 °C	Continuo/ Discontinuo	Agua residual urbana

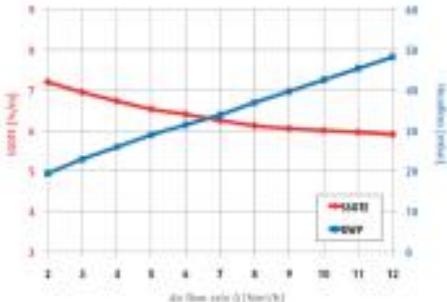
ESQUEMA DE INSTALACIÓN



A = 346 mm  
B = 46 mm  
C = 76 mm

STOCK PERMANENTE

SSOTE Y PÉRDIDA DE CARGA DIFUSOR 12"



CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL DIFUSOR				
Altura	Área perforada	Caudal aire en operación	Caudal de aire máximo	Peso
76mm	0,060 m <sup>2</sup>	2 - 12 Nm <sup>3</sup> /h	15 Nm <sup>3</sup> /h	1.1 Kg

PROPIEDADES DE LA MEMBRANA	
Color	Negro
Plastificante	28%
Densidad	1,07 (g/cm <sup>3</sup> )
Resistencia tracción	> 10 (N/mm <sup>2</sup> )
Alargamiento hasta rotura	> 450%
Resistencia al desgarre	> 6 (N/mm)
Dureza	52 ± 5 shore A

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL UDM				
Conector	Color	Espesor tubería	Diámetro abertura	Material
UDM	Negro	4 - 8 mm	32 mm	EPDM



UDM

www.aireacion.es  
barmatec@barmatec.es  
+34 93 878 67 34

# BARMATEC

ESPECIALISTAS EN SISTEMAS DE AIREACIÓN

## Sistema de aeración mediante difusores

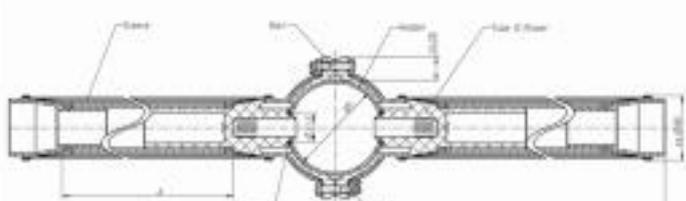
### 2.3 Difusores tubulares

# Difusor Tubular

## Diámetro 65




Material membrana	Temperatura operación aire	Temperatura operación agua	Diámetro del tubo	Diámetro total	Espesor (mm)
EPDM	5 - 80 °C	5 - 40 °C	63 mm	65 mm	1.9 ± 0.15
Silicona	5 - 60 °C	5 - 40 °C			1.5 ± 0.15
PLUR	5 - 100 °C	5 - 40 °C			0.75 ± 0.025





SSOTE Y PÉRDIDA DE CARGA DIFUSOR 1000 mm

Largo perforado (mm)	Largo Total (mm)	Área perforada (m <sup>2</sup> )		Caudal de operación (Nm <sup>3</sup> /h)		Caudal de sobrecarga máximo (Nm <sup>3</sup> /h)		Modo de operación
		EPDM	Si+PU	EPDM+Si	PU	EPDM+Si	PU	
1000	1080	0.18	0.16	2 - 12	3 - 8	20	16	Continuo / Discontinuo
750	830	0.135	0.12	1.5 - 9	2 - 6	15	12	
500	580	0.09	0.08	1 - 6	1 - 4	10	8	

Conector	Tipo	Material	Rosca de Difusor
Collarín	Simple/ Doble	PP	Hembra 1"

	EPDM	PUR	SILICONA
Color	Negro	Transparente	Transparente
Plastificante (%)	35	0	0
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	DIN EN ISO 1183-1 1.11	1.13	DIN EN ISO 1183-1 1.16
Resistencia a la tracción (N/mm <sup>2</sup> )	DIN 53504 >7	>45	DIN 53504 >9
Punto de rotura (N)	DIN 53504 >400	>450	DIN 53504 >900
Resistencia al desgarre (N/mm)	DIN EN ISO 34-1 >7,5	>35	ASTM D 624 B >38
Dureza (Shore A)	DIN ISO 7619-1 40 ± 5	80 ± 5	DIN 53505 60 ± 5



Collarín  
doble



Soporte  
externo  
difusor

www.aireacion.es  
barmatec@barmatec.es  
+34 93 878 67 34

# BARMATEC

ESPECIALISTAS EN SISTEMAS DE AIREACIÓN

## Sistema de aeración mediante difusores

### 2.4 Soplante

#### Turbocompresor HST™ 20

**SULZER**

Compresor centrífugo de etapa única, alta eficiencia y fiabilidad para el suministro de aire a baja presión limpio de aceite.

##### Diseño

###### Motor eléctrico de alta velocidad

Motor eléctrico de alta frecuencia y montaje vertical para funcionamiento a velocidad variable. El motor se refrigerará por aire a través de un ventilador instalado en un eje integrado y los devanados están protegidos por sensores Pt100 monitorizados por el sistema de control local.

###### Diseño hidráulico

El impulsor está diseñado para optimizar el rendimiento y mecanizado a partir de una pieza maciza de aleación de aluminio de alta resistencia. La voluta y otros componentes principales están fabricados en aluminio fundido. Un sello libre de contacto entre la hidráulica y el motor minimiza las pérdidas para mantener la alta eficiencia.

###### Variador de frecuencia

El control del caudal se realiza mediante un variador de frecuencia integrado que también admite variaciones de la presión de salida y de las condiciones ambientales de entrada. La función de arranque suave del variador de frecuencia elimina picos de corriente de arranque.

###### Rodamientos magnéticos activos

El rotor está apoyado sobre dos rodamientos radiales y dos rodamientos axiales. El controlador de rodamientos magnéticos utiliza los datos proporcionados por varios sensores para gestionar de manera continua la posición del rotor.

###### Válvula de alivio

La válvula de alivio se encuentra dentro de la cabina acústica y un silenciador integrado proporciona atenuación adicional.

###### Cabina acústica

La cabina ofrece protección para los componentes eléctricos y mecánicos, y proporciona una eficiente atenuación del ruido de la máquina. La cabina está fabricada de acero galvanizado. Resulta adecuado para uso en interior (IP 33D).



###### Componentes integrados

Los filtros de entrada del aire de proceso y de refrigeración, el silenciador de entrada, el silenciador de descarga y el silenciador del aire de refrigeración del motor están integrados en el conjunto del equipo.

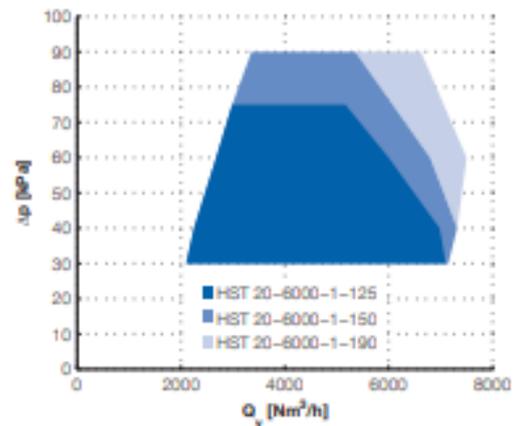
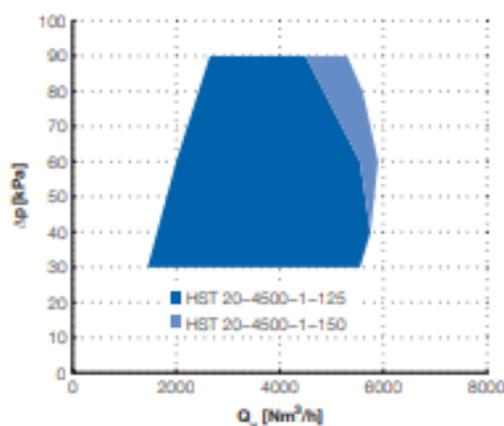
###### Control del compresor

###### Control local

La interfaz hombre-máquina local integrada (HMI) facilita las funciones de control y monitorización para el funcionamiento seguro y eficiente de la máquina. El caudal puede ser controlado directamente por el operador o bien de manera automática a través de un valor de referencia prefijado. La HMI local utiliza una pantalla táctil a color para proporcionar acceso del operador.

###### Conexiones

Las conexiones de control y monitorización, analógicas y digitales, están integradas. Las conexiones Fieldbus, como Profibus, Profinet, Modbus RTU, Modbus TCP y EtherNet/IP están disponibles como opción.



# Sistema de aeración mediante difusores

## Conexiones remotas

Existe la opción de incluir una conexión segura para facilitar el servicio y la supervisión.

## Opciones

Pueden seleccionarse distintas opciones para gestionar requisitos especiales en relación con, por ejemplo, temperatura, entornos con presencia de polvo o alta nivel de humedad.

## Accesorios

Sulzer ofrece los accesorios necesarios para la instalación de la máquina, como juntas flexibles, válvulas, silenciadores y filtros de aire.

## Pruebas del rendimiento

Cada compresor se somete a exhaustivas pruebas de rendimiento emitiéndose los correspondientes certificados para verificar su cumplimiento. Las pruebas se realizan en las instalaciones de pruebas propias en la fábrica de Sulzer. El rendimiento se garantiza con una tolerancia de fabricación de ± 2% y una tolerancia de medición según la norma ISO 5389. Pueden realizarse pruebas opcionales en conformidad con ISO 5389 y/o presenciadas por el cliente.

## Certificación y normas

El producto cuenta con la certificación CE y cumple con:

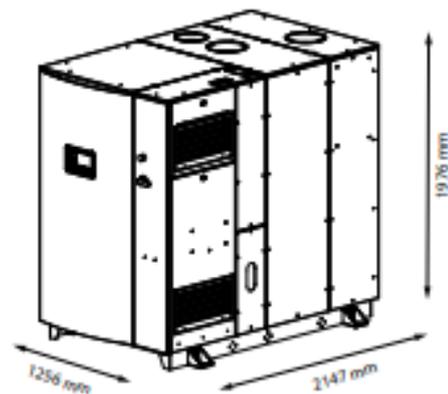
- Directiva de máquinas (MD), 2006/42/CE, 2009/127/CE
- Directiva de baja tensión (LVD), 2006/95/CE
- Compatibilidad electromagnética (EMCD), 2004/108/CE

El equipo está diseñado y fabricado conforme a la norma EN 61800-3 y para el uso previsto en instalaciones de segundo ambiente, como son las áreas industriales.

## Condiciones de instalación <sup>(1)</sup>

Altitud	
Altitud máxima	2.500 m sobre el nivel del mar
Calidad del aire	
Vapores químicos permitidos	IEC 60721-3-3 clase 3C3
Condiciones ambientales	
Rango de temperatura ambiente <sup>(1)</sup>	Min. -10 °C, máx. +45 °C
Humedad relativa ambiente	< 95%, sin condensación, sin corrosión, sin goteo de agua
Condiciones de entrada	
Rango de temperatura del aire de proceso aspirado de la sala	Min. -10 °C, máx. +45 °C
Rango de temperatura del aire de proceso aspirado canalizado (opcional)	Min. -20 °C, máx. +45 °C

<sup>(1)</sup> Sulzer podría aprobar aplicaciones fuera de estos criterios.



## Datos del compresor

	HST 20-4500-1-125	HST 20-4500-1-150	HST 20-6000-1-125	HST 20-6000-1-150	HST 20-6000-1-190	
Rango de caudal de aire [Nm <sup>3</sup> /h]	2000-5500	2000-5800	2000-6500	2000-6750	2000-7000	
Incremento presión [kPa]	30-90	30-90	30-75	30-90	30-90	
Nivel de ruido [dB]	61	62	60	62	62	
Potencia de entrada [kW]	125	150	125	150	190	
Alimentación [V]	380-690	380-690	380-690	380-690	380-690	
Frecuencia de potencia de entrada [Hz]	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	
400 V	Corriente de entrada máx. [A] <sup>(1)</sup>	198	238	198	238	301
	Tamaño del cable [mm <sup>2</sup> ]	3x120+70	3x150+70	3x120+70	3x150+70	2x(3x95+50)
	Tamaño del fusible [A]	200	250	200	250	315
500 V	Corriente de entrada máx. [A] <sup>(1)</sup>	159	190	159	190	241
	Tamaño del cable [mm <sup>2</sup> ]	3x95+50	3x95+50	3x95+50	3x95+50	3x150+70
	Tamaño del fusible [A]	160	200	160	200	250
690 V	Corriente de entrada máx. [A] <sup>(1)</sup>	115	138	115	138	175
	Tamaño del cable [mm <sup>2</sup> ]	3x50+25	3x70+35	3x50+25	3x70+35	3x95+50
	Tamaño del fusible [A]	125	160	125	160	200
Peso [kg]	1220-1310	1220-1310	1260-1350	1260-1350	1350	

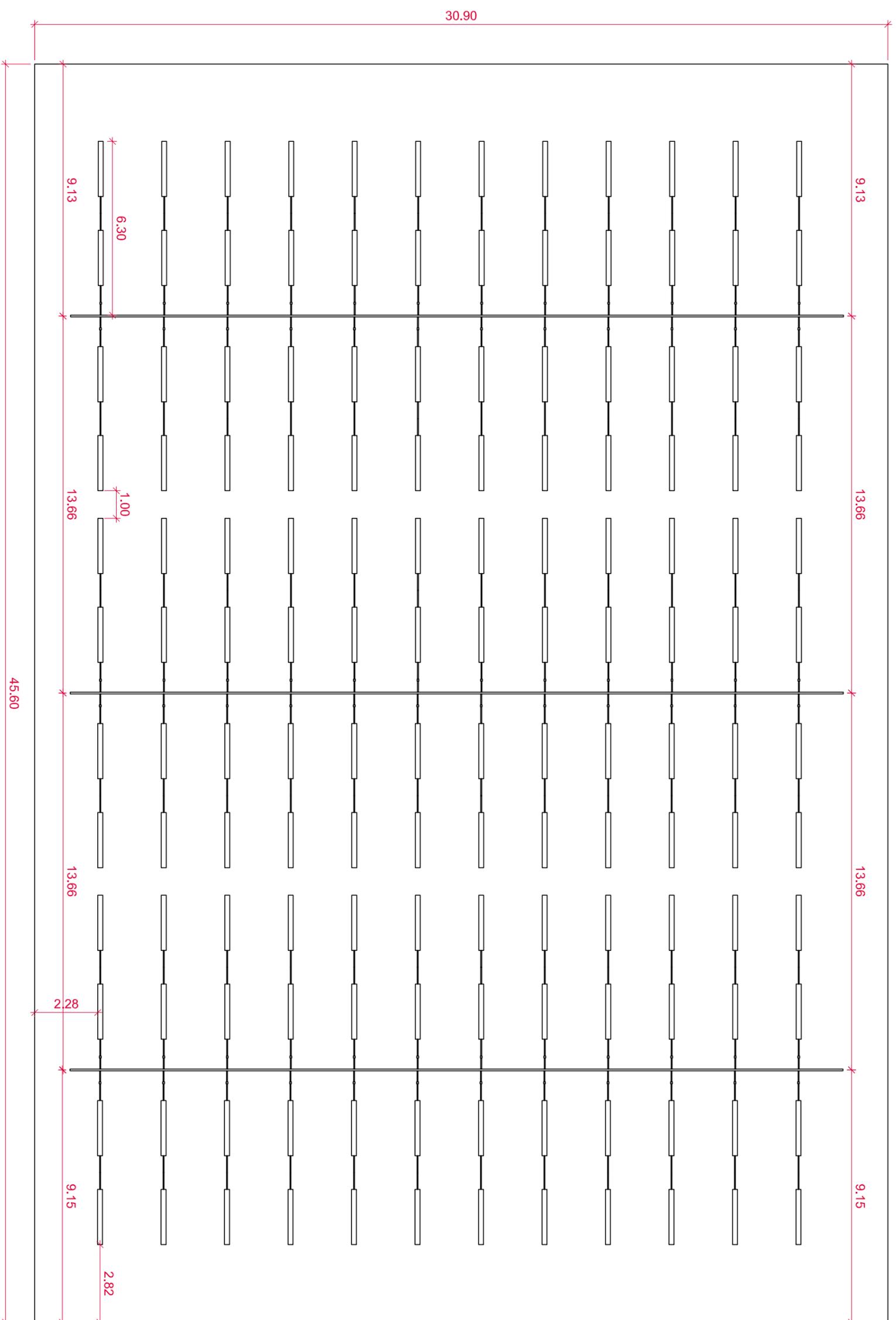
<sup>(1)</sup> La corriente de entrada máxima se calcula con la tensión nominal. El tamaño del cable y del fusible son recomendaciones y están basados en la corriente de alimentación y en los cables clasificados para 70 °C.

www.sulzer.com

lit. de SPP: 26.2.2019 / es / e10421 / 2, Copyright © Sulzer Ltd 2017

Este documento no proporciona ningún tipo de garantía. Póngase en contacto con nosotros si desea información sobre las garantías de nuestros productos. Las instrucciones de uso y seguridad se entregan por separado. Toda la información que se incluye en este documento está sujeta a cambios sin previo aviso.

# 3. PLANOS



PROYECTO DE DISEÑO DEL SISTEMA DE AERACIÓN DE UNA EDAR URBANA,  
 SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN BAJO EL PRISMA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

MEJORA: SISTEMA DE AERACIÓN POR DIFUSORES

AUTOR: IVAN PINTO VICENT

**DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**



**Nº1**

Oct.20 | IPV

1 / 150

# 4. PLIEGO DE CONDICIONES

## ÍNDICE

<b>1. OBJETIVO DEL PLIEGO DE CONDICIONES .....</b>	<b>5</b>
<b>2. DISPOSICIONES DE CARÁCTER GENERAL.....</b>	<b>5</b>
2.1 CONTRATO DE OBRA.....	5
2.2 DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA .....	5
2.3 PROYECTO ARQUITECTÓNICO.....	6
2.4 REGLAMENTACIÓN URBANÍSTICA.....	6
2.5 FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA .....	7
2.6 JURISDICCIÓN COMPETENTE .....	7
2.7 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS Y RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA .....	7
2.8 ACCIDENTES DE TRABAJO .....	8
2.9 DAÑOS Y PREJUICIOS A TERCEROS .....	8
2.10 COPIA DE DOCUMENTOS .....	9
2.11 CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO DE OBRA.....	9
2.12 EFECTOS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO DE OBRA.....	10
<b>3. DISPOSICIONES FACULTATIVAS .....</b>	<b>11</b>
3.1 DEFINICIÓN, ATRIBUCIONES Y OBLIGACIONES DE LA EDIFICACIÓN.....	11
3.1.1 <i>El promotor</i> .....	11
3.1.2 <i>El proyectista</i> .....	11
3.1.3 <i>El constructor o contratista</i> .....	12
3.1.4 <i>El director de obra</i> .....	12
3.1.5 <i>El director de la ejecución de obra</i> .....	12
3.1.6 <i>Los suministradores de productos</i> .....	13
3.2 OBLIGACIONES DE LOS AGENTES INTERVINIENTES .....	13
3.2.1 <i>El promotor</i> .....	13
3.2.2 <i>El proyectista</i> .....	14
3.2.3 <i>El constructor o contratista</i> .....	14

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

3.2.4 El director de obra.....	17
3.2.5 El director de la ejecución de la obra .....	18
3.2.6 Los suministradores de productos .....	20
<b>4. DISPOSICIONES ECONÓMICAS .....</b>	<b>20</b>
4.1 DEFINICIÓN .....	20
4.2 CONTRATO DE OBRA.....	20
4.3 CRITERIO GENERAL .....	21
4.4 FIANZAS .....	21
4.4.1 Ejecución de trabajos con cargo a la fianza .....	22
4.4.2 Devolución de fianzas.....	22
4.4.3 Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales .....	22
4.5 DE LOS PRECIOS.....	22
4.5.1 Presupuesto Ejecución Material.....	23
4.5.2 Reclamación de aumento de precios .....	23
4.5.3 De la revisión de los precios contratados.....	23
4.5.4 Acopio de materiales .....	23
4.6 VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS .....	24
4.6.1 Forma y plazos de abono de las obras .....	24
4.6.2 Relaciones valoradas y certificaciones.....	24
4.7 INDEMNIZACIONES MUTUAS .....	25
4.7.1 Indemnización por retraso del plazo de finalización de las obras.....	25
4.7.2 Demora de los pagos por parte del promotor.....	26
4.8 PLAZOS DE EJECUCIÓN.....	26
4.9 LIQUIDACIÓN ECONÓMICA DE LAS OBRAS .....	26
4.10 LIQUIDACIÓN FINAL DE LA OBRA.....	26
<b>5. DISPOSICIONES LEGALES.....</b>	<b>27</b>
5.1 RECONOCIMIENTO DE MARCAS REGISTRADAS.....	27
5.2 DERECHOS DE AUTOR.....	27

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

<b>6. DISPOSICIONES TÉCNICAS .....</b>	<b>27</b>
6.1 ESPECIFICACIONES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....	28
6.2 ESPECIFICACIONES DE LA INSTALACIÓN DE FONTANERÍA .....	29
6.3 UNIDADES NO ESPECIFICADAS.....	29

### **1. OBJETIVO DEL PLIEGO DE CONDICIONES**

El propósito del presente pliego de condiciones es regular los derechos, responsabilidades, obligaciones y garantías mutuas entre los numerosos agentes de la planta: promotor, contratista, proyectista, director de obra, director de ejecución de obra y los suministradores de productos.

Es un documento vinculante en los contratos de obra ya que adquiere una verdadera importancia durante la ejecución del proyecto estableciendo la relación entre propiedad y constructor. Además, recolecta las exigencias técnicas y legales que han de administrar en la ejecución del proyecto.

### **2. DISPOSICIONES DE CARÁCTER GENERAL**

#### **2.1 CONTRATO DE OBRA**

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el director de obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

#### **2.2 DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA**

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

- Las condiciones fijadas en el contrato de obra.
- El presente Pliego de Condiciones.
- La documentación gráfica y escrita del Proyecto: planos generales y de

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

detalle, memorias, anexos, mediciones y presupuestos.

En el caso de interpretación, prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

### **2.3 PROYECTO ARQUITECTÓNICO**

El Proyecto Arquitectónico se define como el conjunto de documentos que definen y determinan las exigencias técnicas, funcionales y estéticas de las obras contempladas en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación". En él se justificará técnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable.

Los documentos complementarios al Proyecto serán:

- Los planos.
- El Libro de Órdenes y Asistencias.
- El Programa de Control de Calidad de Edificación y su Libro de Control.
- El Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico de Seguridad y Salud en las obras.
- El Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, elaborado por cada contratista.
- Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.
- Licencias y otras autorizaciones administrativas

### **2.4 REGLAMENTACIÓN URBANÍSTICA**

La obra a construir se ajustará a todas las limitaciones del proyecto aprobado por los organismos competentes, especialmente las que se refieren al volumen, alturas, emplazamiento y ocupación del solar, así como a todas las condiciones de reforma del proyecto que pueda exigir la Administración para ajustarlo a las Ordenanzas, a las Normas y al Planeamiento Vigente.

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

### **2.5 FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA**

Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes.

El contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del Pliego de Condiciones, los Planos, Cuadro de Precios y Presupuesto General. Serán a cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne el contratista.

### **2.6 JURISDICCIÓN COMPETENTE**

En el caso de no llegar a un acuerdo cuando surjan diferencias entre las partes, ambas quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones derivadas de su contrato a las Autoridades y Tribunales Administrativos con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción de Castellón de la Plana.

### **2.7 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS Y RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA**

Las obras se ejecutarán con estricta sujeción al proyecto que sirve de base al contrato y conforme a las instrucciones que la Dirección Facultativa de las obras diere al contratista.

El contratista es responsable de la ejecución de las obras y de todos los defectos que en la construcción puedan advertirse durante el desarrollo de las obras y hasta que se cumpla el plazo de garantía, en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la Dirección Facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra, ni que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

### **2.8 ACCIDENTES DE TRABAJO**

Es de obligado cumplimiento el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción" y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

### **2.9 DAÑOS Y PREJUICIOS A TERCEROS**

El contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las colindantes o contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de las obras.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores, incluso los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como los que se deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de "Todo riesgo al derribo y la construcción", suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el promotor, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

### 2.10 COPIA DE DOCUMENTOS

El contratista, a su costa, tiene derecho a sacar copias de los documentos integrantes del Proyecto.

### 2.11 CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO DE OBRA

Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato:

- La muerte o incapacitación del contratista.
- La quiebra del contratista.
- Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:
  - (a) La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del director de obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor del 20%.
  - (b) Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones en más o en menos del 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.
- La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año y, en todo caso, siempre que por causas ajenas al contratista no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.
- La suspensión de la iniciación de las obras por plazo superior a cuatro meses.
- Que el contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

- La demora injustificada en la comprobación del replanteo.
- La suspensión de las obras por plazo superior a ocho meses por parte del promotor.
- El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.
- El desistimiento o el abandono de la obra sin causas justificadas.
- La mala fe en la ejecución de la obra.

### **2.12 EFECTOS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO DE OBRA**

La resolución del contrato dará lugar a la comprobación, medición y liquidación de las obras realizadas con arreglo al proyecto, fijando los saldos pertinentes a favor o en contra del contratista.

Si se demorase injustificadamente la comprobación del replanteo, dando lugar a la resolución del contrato, el contratista sólo tendrá derecho por todos los conceptos a una indemnización equivalente al 2% del precio de la adjudicación, excluidos los impuestos.

En el supuesto de desistimiento antes de la iniciación de las obras, o de suspensión de la iniciación de las mismas por parte del promotor por plazo superior a cuatro meses, el contratista tendrá derecho a percibir por todos los conceptos una indemnización del 3% del precio de adjudicación, excluidos los impuestos.

En caso de desistimiento una vez iniciada la ejecución de las obras, o de suspensión de las obras iniciadas por plazo superior a ocho meses, el contratista tendrá derecho por todos los conceptos al 6% del precio de adjudicación del contrato de las obras dejadas de realizar en concepto de beneficio industrial, excluidos los impuestos.

### **3. DISPOSICIONES FACULTATIVAS**

#### **3.1 DEFINICIÓN, ATRIBUCIONES Y OBLIGACIONES DE LA EDIFICACIÓN**

Las atribuciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas por la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación".

Se definen agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación. Sus obligaciones quedan determinadas por lo dispuesto en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención.

Las definiciones y funciones de los agentes que intervienen en la edificación quedan recogidas a continuación:

##### **3.1.1 El promotor**

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la edificación, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios.

Según la legislación vigente, a la figura del promotor se equiparán también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que asumen la gestión económica de la edificación.

##### **3.1.2 El proyectista**

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

### **3.1.3 El constructor o contratista**

Es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

Cabe efectuar especial mención de que la ley señala como responsable explícito de los vicios o defectos constructivos al contratista general de la obra, sin perjuicio del derecho de repetición de éste hacia los subcontratistas.

### **3.1.4 El director de obra**

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

### **3.1.5 El director de la ejecución de obra**

Es el agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, asume la función técnica de dirigir la Ejecución Material de la Obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo edificado. Para ello es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el director de obra, procediendo a solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencia y atribuciones legales, estimare necesarios para poder dirigir de manera solvente la ejecución de las mismas.

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

### 3.1.6 Los suministradores de productos

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción.

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra, incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

## 3.2 OBLIGACIONES DE LOS AGENTES INTERVINIENTES

### 3.2.1 El promotor

Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra, al director de la ejecución de la obra y al contratista posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin lo proyectado.

Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y llevar a buen fin el objeto de lo promovido, en los plazos estipulados y en las condiciones de calidad exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para los edificios.

Gestionar y hacerse cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes que, de conformidad con la normativa aplicable, conlleva la construcción de edificios, la urbanización que procediera en su entorno inmediato, la realización de obras que en ellos se ejecuten y su ocupación.

Garantizar los daños materiales que el edificio pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por los que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder. La suscripción obligatoria de un seguro, de acuerdo a las normas concretas fijadas al efecto, que cubra los daños materiales que

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

ocasionen en el edificio el incumplimiento de las condiciones de habitabilidad en tres años o que afecten a la seguridad estructural en el plazo de diez años, con especial mención a las viviendas individuales en régimen de autopromoción, que se registrarán por lo especialmente legislado al efecto.

Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reservas y que deberá abarcar la totalidad de las obras o fases completas. En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.

Entregar al adquirente y usuario inicial, en su caso, el denominado Libro del Edificio que contiene el manual de uso y mantenimiento del mismo y demás documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las Administraciones competentes.

### **3.2.2 El proyectista**

Redactar el proyecto por encargo del promotor, con sujeción a la normativa urbanística y técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás permisos administrativos -proyecto básico- como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.

Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

### **3.2.3 El constructor o contratista**

Tener la capacitación profesional o titulación que habilita para el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para actuar como constructor. Organizar los trabajos de construcción para cumplir con los plazos previstos, de acuerdo al

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

correspondiente Plan de Obra, efectuando las instalaciones provisionales y disponiendo de los medios auxiliares necesarios.

Elaborar, y exigir de cada subcontratista, un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dichos planes se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención propuestas, con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico.

Comunicar a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".

Adoptar todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, así como cumplir las órdenes efectuadas por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en la fase de Ejecución de la obra.

Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

Examinar la documentación aportada por los técnicos redactores correspondientes, tanto del Proyecto de Ejecución como de los proyectos complementarios, así como del Estudio de Seguridad y Salud, verificando que le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitando las aclaraciones pertinentes.

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

Facilitar la labor de la Dirección Facultativa, suscribiendo el Acta de Replanteo, ejecutando las obras con sujeción al Proyecto de Ejecución que deberá haber examinado previamente, a la legislación aplicable, a las Instrucciones del director de obra y del director de la ejecución material de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.

Efectuar las obras siguiendo los criterios al uso que son propios de la correcta construcción, que tiene la obligación de conocer y poner en práctica, así como de las leyes generales de los materiales o *lex artis*, aun cuando estos criterios no estuvieran específicamente reseñados en su totalidad en la documentación de proyecto. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las tareas de los subcontratistas.

Supervisar personalmente y de manera continuada y completa la marcha de las obras, que deberán transcurrir sin dilación y con adecuado orden y concierto, así como responder directamente de los trabajos efectuados por sus trabajadores subordinados, exigiéndoles el continuo autocontrol de los trabajos que efectúen, y ordenando la modificación de todas aquellas tareas que se presenten mal efectuadas.

Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados y elementos constructivos, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción facultativa del director de la ejecución de la obra, los suministros de material o prefabricados que no cuenten con las garantías, documentación mínima exigible o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación, debiendo recabar de la Dirección Facultativa la información que necesite para cumplir adecuadamente su cometido.

Poner a disposición del director de ejecución material de la obra los medios auxiliares y personal necesario para efectuar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, recabando de dicho técnico el plan a seguir en cuanto a las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias.

Facilitar a los directores de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación final de obra ejecutada.

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

Suscribir las garantías de obra que se señalan en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y que, en función de su naturaleza, alcanzan periodos de 1 año (daños por defectos de terminación o acabado de las obras), 3 años (daños por defectos o vicios de elementos constructivos o de instalaciones que afecten a la habitabilidad) o 10 años (daños en cimentación o estructura que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio).

### **3.2.4 El director de obra**

Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética a los agentes intervinientes en el proceso constructivo.

Detener la obra por causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Órdenes y Asistencias, dando cuenta inmediata al promotor.

Asistir a las obras a fin de resolver las contingencias que se produzcan para asegurar la correcta interpretación y ejecución del proyecto, así como impartir las soluciones aclaratorias que fueran necesarias, consignando en el Libro de Ordenes y Asistencias las instrucciones precisas que se estimara oportunas reseñar para la correcta interpretación de lo proyectado, sin perjuicio de efectuar todas las aclaraciones y órdenes verbales que estimare oportuno.

Firmar el Acta de replanteo o de comienzo de obra y el Certificado Final de Obra, así como firmar el visto bueno de las certificaciones parciales referidas al porcentaje de obra efectuada y, en su caso y a instancias del promotor, la supervisión de la documentación que se le presente relativa a las unidades de obra realmente ejecutadas previa a su liquidación final, todo ello con los visados que en su caso fueran preceptivos.

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

Informar puntualmente al promotor de aquellas modificaciones sustanciales que, por razones técnicas o normativas, conllevan una variación de lo construido con respecto al proyecto básico y de ejecución y que afecten o puedan afectar al contrato suscrito entre el promotor y los destinatarios finales de las viviendas.

Redactar la documentación final de obra, en lo que respecta a la documentación gráfica y escrita del proyecto ejecutado, incorporando las modificaciones efectuadas. Para ello, los técnicos redactores de proyectos y/o estudios complementarios deberán obligatoriamente entregarle la documentación final en la que se haga constar el estado final de las obras y/o instalaciones por ellos redactadas, supervisadas y realmente ejecutadas, siendo responsabilidad de los firmantes la veracidad y exactitud de los documentos presentados.

Al Proyecto Final de Obra se anexará el Acta de Recepción Final; la relación identificativa de los agentes que han intervenido en el proceso de edificación, incluidos todos los subcontratistas y oficios intervinientes; las instrucciones de Uso y Mantenimiento del Edificio y de sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

### **3.2.5 El director de la ejecución de la obra**

Corresponde al director de ejecución material de la obra, según se establece en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y demás legislación vigente al efecto, las atribuciones competenciales y obligaciones que se señalan a continuación:

La Dirección inmediata de la Obra.

Verificar personalmente la recepción a pie de obra, previo a su acopio o colocación definitiva, de todos los productos y materiales suministrados necesarios para la ejecución de la obra, comprobando que se ajustan con precisión a las determinaciones del proyecto y a las normas exigibles de

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

calidad, con la plena potestad de aceptación o rechazo de los mismos en caso de que lo considerase oportuno y por causa justificada, ordenando la realización de pruebas y ensayos que fueran necesarios.

Dirigir la ejecución material de la obra de acuerdo con las especificaciones de la memoria y de los planos del Proyecto, así como, en su caso, con las instrucciones complementarias necesarias que recabara del director de obra.

Anticiparse con la antelación suficiente a las distintas fases de la puesta en obra, requiriendo las aclaraciones al director de obra o directores de obra que fueran necesarias y planificando de manera anticipada y continuada con el contratista principal y los subcontratistas los trabajos a efectuar.

Asistir a la obra con la frecuencia, dedicación y diligencias necesarias para cumplir eficazmente la debida supervisión de la ejecución de la misma en todas sus fases, desde el replanteo inicial hasta la total finalización del edificio, dando las órdenes precisas de ejecución al contratista y, en su caso, a los subcontratistas.

Consignar en el Libro de Ordenes y Asistencias las instrucciones precisas que considerara oportuno reseñar para la correcta ejecución material de las obras.

Detener la Obra si, a su juicio, existiera causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Ordenes y Asistencias, dando cuenta inmediata a los directores de obra que deberán necesariamente corroborarla para su plena efectividad, y al promotor.

Tras la oportuna comprobación, emitir las certificaciones parciales o totales relativas a las unidades de obra realmente ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

Suscribir conjuntamente el Certificado Final de Obra, acreditando con ello su conformidad a la correcta ejecución de las obras y a la comprobación y verificación positiva de los ensayos y pruebas realizadas.

### 3.2.6 Los suministradores de productos

Realizar las entregas de los productos de acuerdo con las especificaciones del pedido, respondiendo de su origen, identidad y calidad, así como del cumplimiento de las exigencias que, en su caso, establezca la normativa técnica aplicable.

Facilitar, cuando proceda, las instrucciones de uso y mantenimiento de los productos suministrados, así como las garantías de calidad correspondientes, para su inclusión en la documentación de la obra ejecutada.

## **4. DISPOSICIONES ECONÓMICAS**

### 4.1 DEFINICIÓN

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tienen un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecido entre las partes que intervienen, promotor y contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

### 4.2 CONTRATO DE OBRA

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el promotor y el contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa (director de obra y director de ejecución de la obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

Dirección Facultativa pueda, de hecho, coordinar, dirigir y controlar la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el contratista.
- Condiciones de ocupación del solar e inicio de las obras.
- Determinación de los gastos de enganches y consumos.
- Responsabilidades y obligaciones del contratista: Legislación laboral.
- Responsabilidades y obligaciones del promotor.
- Presupuesto del contratista.
- Revisión de precios (en su caso).
- Forma de pago: Certificaciones.
- Plazos de ejecución: Planning.
- Retraso de la obra: Penalizaciones.
- Recepción de la obra: Provisional y definitiva.
- Litigio entre las partes.

### **4.3 CRITERIO GENERAL**

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas, pudiendo exigirse recíprocamente las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de sus obligaciones de pago.

### **4.4 FIANZAS**

El contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de obra:

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

### 4.4.1 Ejecución de trabajos con cargo a la fianza

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra, en nombre y representación del promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

### 4.4.2 Devolución de fianzas

La fianza recibida será devuelta al contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

### 4.4.3 Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales

Si el promotor, con la conformidad del director de obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

## 4.5 DE LOS PRECIOS

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de construir la obra. Se descompondrá el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata y certifica por separado, y basándonos en esos precios, calcularemos el presupuesto.

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

### 4.5.1 Presupuesto Ejecución Material

Es el resultado de la suma de los precios unitarios de las diferentes unidades de obra que la componen.

Se denomina Presupuesto de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario y de las partidas alzadas. Es decir, el coste de la obra sin incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el impuesto sobre el valor añadido.

### 4.5.2 Reclamación de aumento de precios

Si el contratista, antes de la firma del contrato de obra, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

### 4.5.3 De la revisión de los precios contratados

El presupuesto presentado por el contratista se entiende que es cerrado, por lo que no se aplicará revisión de precios.

Sólo se procederá a efectuar revisión de precios cuando haya quedado explícitamente determinado en el contrato de obra entre el promotor y el contratista.

### 4.5.4 Acopio de materiales

El contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que el promotor ordene por escrito. Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario, son de la exclusiva propiedad de éste, siendo el contratista responsable de su guarda y conservación.

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

### **4.6 VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS**

#### **4.6.1 Forma y plazos de abono de las obras**

Se realizará por certificaciones de obra y se recogerán las condiciones en el contrato de obra establecido entre las partes que intervienen (promotor y contratista) que, en definitiva, es el que tiene validez.

Los pagos se efectuarán por el promotor en los plazos previamente establecidos en el contrato de obra, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de la obra conformadas por el director de ejecución de la obra, en virtud de las cuáles se verifican aquéllos.

El director de ejecución de la obra realizará, en la forma y condiciones que establezca el criterio de medición en obra incorporado en las Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el período de tiempo anterior, pudiendo el contratista presenciar la realización de tales mediciones.

Para las obras o partes de obra que, por sus dimensiones y características, hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el contratista está obligado a avisar al director de ejecución de la obra con la suficiente antelación, a fin de que éste pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que las definan, cuya conformidad suscribirá el contratista.

A falta de aviso anticipado, cuya existencia corresponde probar al contratista, queda este obligado a aceptar las decisiones del promotor sobre el particular.

#### **4.6.2 Relaciones valoradas y certificaciones**

En los plazos fijados en el contrato de obra entre el promotor y el contratista, éste último formulará una relación valorada de las obras

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

ejecutadas durante las fechas previstas, según la medición practicada por el Director de Ejecución de la Obra.

Las certificaciones de obra serán el resultado de aplicar, a la cantidad de obra realmente ejecutada, los precios contratados de las unidades de obra. Sin embargo, los excesos de obra realizada en unidades, tales como excavaciones y hormigones, que sean imputables al contratista, no serán objeto de certificación alguna.

Los pagos se efectuarán por el promotor en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra, conformadas por la Dirección Facultativa. Tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la Liquidación Final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones parciales la aceptación, la aprobación, ni la recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. Si la Dirección Facultativa lo exigiera, las certificaciones se extenderán a origen.

### **4.7 INDEMNIZACIONES MUTUAS**

#### **4.7.1 Indemnización por retraso del plazo de finalización de las obras**

Si, por causas imputables al contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el promotor podrá imponer al contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

### 4.7.2 Demora de los pagos por parte del promotor

Se regulará en el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos.

### 4.8 PLAZOS DE EJECUCIÓN

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un Planning de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

### 4.9 LIQUIDACIÓN ECONÓMICA DE LAS OBRAS

Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el promotor y el contratista. En este acto se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, las llaves, los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo a la Normativa Vigente, así como los proyectos Técnicos y permisos de las instalaciones contratadas.

Dicha Acta de Liquidación Económica servirá de Acta de Recepción Provisional de las obras, para lo cual será conformada por el promotor, el contratista, el director de obra y el director de ejecución de la obra, quedando desde dicho momento la conservación y custodia de las mismas a cargo del promotor.

La citada recepción de las obras, provisional y definitiva, queda regulada según se describe en las Disposiciones Generales del presente Pliego.

### 4.10 LIQUIDACIÓN FINAL DE LA OBRA

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

Entre el promotor y contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta sólo mediará, en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los Tribunales.

## **5. DISPOSICIONES LEGALES**

### **5.1 RECONOCIMIENTO DE MARCAS REGISTRADAS**

El autor de este proyecto, así como su promotor, reconocen las marcas registradas que han aparecido a lo largo del desarrollo y ejecución, además de los derechos de autor recogidos en la bibliografía consultada y citada en el mismo.

### **5.2 DERECHOS DE AUTOR**

Los derechos de autor de este proyecto serán los estipulados por la legislación y reglamentación vigente en el momento del comienzo del proyecto, a excepción de posibles correcciones legales resultantes de los recursos legales que se hayan interpuesto contra las mencionadas leyes y reglamentos.

## **6. DISPOSICIONES TÉCNICAS**

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el proyecto. Por lo tanto, sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad en este apartado del pliego.

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de documento de idoneidad técnica que avale sus cualidades, emitido por organismos técnicos reconocidos.

El contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos. Además, avisará al director de ejecución de la obra, con suficiente tiempo, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando las muestras y los datos necesarios, si se lo pide el director de ejecución de la obra.

### **6.1 ESPECIFICACIONES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

Las instalaciones eléctricas serán ejecutadas por la Empresa especializada, en posesión de todos los requisitos que establece la legislación vigente. Toda la documentación acreditativa será presentada por el Director de Obra para que pueda emitir la oportuna autorización de comienzo de los trabajos.

Todo el personal que intervenga en cualquier ejecución en cualquier parte de las instalaciones eléctricas, aunque sea accesoria, deberá estar en posesión de los oportunos certificados de calificación profesional.

Será condición necesaria para que la dirección autorice su intervención en los trabajos, la entrega de una copia, autenticada por la empresa especializada, de los certificados mencionados, así como la justificación de estar de alta en el Libro de Matrícula.

Antes de iniciar la obra, el Contratista presentará unos planos de detalle que indiquen preferentemente una situación real de los recorridos de canalizaciones y conductores. Al finalizar la obra, presentará los mismos planos corregidos en la forma como se hizo.

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

### **6.2 ESPECIFICACIONES DE LA INSTALACIÓN DE FONTANERÍA**

Las tuberías serán del tipo, diámetro y presión de servicio que se indican en las Mediciones y Presupuestos de este proyecto y cumplirán las especificaciones contenidas dichos documentos.

Las piezas especiales, serán capaces de soportar presiones de prueba y trabajo iguales a las tuberías en que hayan de instalarse. El cuerpo principal de estos elementos será del material que garantice el fabricante de reconocida solvencia nacional, previa aprobación del Director de Obra, quien también ha de autorizar los modelos a utilizar. En todo caso, el acabado de las piezas especiales, será perfecto y de funcionamiento, durabilidad y resistencia. Deberán acreditarse mediante los oportunos certificados oficiales. La superficie interior de cualquier elemento, sea tubería o pieza especial, será lisa, no pudiendo admitirse otros defectos de regularidad que los de carácter accidental o local que queden dentro de las tolerancias prescritas y que no representen ninguna merma de la calidad de circulación de agua. La reparación de tales desperfectos no se realizará sin la previa autorización del Director de Obra.

Los tubos y demás elementos de las conducciones y redes estarán bien terminados, con espesores regulares y cuidadosamente trabajados y deberán resistir sin daños todos los esfuerzos que estén llamados a soportar en servicio y durante las pruebas.

### **6.3 UNIDADES NO ESPECIFICADAS**

Aquellas unidades de obra que no estuviesen incluidas o aquellos trabajos que no mencionan en el pliego, se ajustarán de acuerdo con lo sancionado por la experiencia como reglas de buena construcción o ejecución,

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

debiendo seguir el contratista las normas especiales que, para cada caso, señale el director de la obra, según su inapelable juicio.

# **5. ESTADO DE MEDICIONES**

---

***Sistema de aeración mediante difusores***

---

**ÍNDICE**

<b>1. ESTADO DE MEDICIONES .....</b>	<b>3</b>
1.1 PARTIDA 1: EQUIPOS PRINCIPALES .....	4
1.2 PARTIDA 2: CONDUCCIONES.....	5
1.3 PARTIDA 3: ACCESORIOS .....	5

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

# 1. ESTADO DE MEDICIONES

La finalidad del documento básico de estado de mediciones es definir y delimitar las unidades de obra que se deben instalar en la planta. En este apartado del proyecto se concretan tanto las partidas como las unidades necesarias de cada partida.

El estado de mediciones servirá como punto de partida para la realización del presupuesto. A continuación, se presentan las distintas partidas de materiales que forman el proyecto.

### PARTIDAS

Partida 1: Equipos principales

Partida 2: Conducciones

Partida 3: Accesorios

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

### 1.1 PARTIDA 1: EQUIPOS PRINCIPALES

Los equipos principales que se instalarán en la planta aparecen a continuación detallados.

ELEMENTO	UNIDAD	CANTIDAD
Turbo compresor centrífugo alta velocidad modelo HST 20-4500-125, con control continuo de caudal y consumo de potencia optimizada por control de velocidad rotacional, para operación sin consumo de aceite. Está equipado con motor de alta velocidad apto para trabajar a 500V, variador de frecuencia, pantalla de control local, control activo de rodamientos magnéticos AMB, controles axiales de vibración activos, válvulas antiretorno y protección de ruidos. Incluido transporte y embalaje, mano de obra y montaje	Ud.	2
Difusores STRIP SD 180/3000 de burbujas Ultra fina de alta eficiencia Barmatec, con membrana de poliuretano microperforada de gran resistencia y máxima vida útil. Los dispositivos de fijación están diseñados para un funcionamiento estable, fácil instalación y mantenimiento.	Ud	210

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

### 1.2 PARTIDA 2: CONDUCCIONES

La segunda partida del estado de mediciones la forman las conducciones necesarias para la instalación.

ELEMENTO	UNIDAD	CANTIDAD
Tubo PVC diámetro externo 32 mm para montaje de difusores	m	1664
Tubo acero inoxidable AISI 304 hasta las bajantes del colector de entrada	m	109

### 1.3 PARTIDA 3: ACCESORIOS

El estado de mediciones de los accesorios que incluyen las válvulas, soportes y accesorios para la aireación se resumen en:

ELEMENTO	UNIDAD	CANTIDAD
Juntas de PVC para conducciones en el tanque de aeración	Ud	500

## 6. PRESUPUESTO

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

### **INDICE**

<b>1. Presupuesto de ejecución de material (PEM) .....</b>	<b>3</b>
1.1 PEM PARCIAL.....	3
1.1.1 Partida 1: Equipos principales .....	4
1.1.2 Partida 2: Conducciones .....	4
1.1.3 Partida 3: Accesorios .....	5
1.1.3 Partida 4: Obra civil.....	5
1.2 PEM Total .....	6
<b>2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC) .....</b>	<b>6</b>
<b>3. PRESUPUESTO TOTAL .....</b>	<b>7</b>

---

## ***Sistema de aeración mediante difusores***

---

### **1. Presupuesto de ejecución de material (PEM)**

El presupuesto de ejecución de material (PEM) es el coste de la construcción del proyecto, es decir, representa la suma de los costes las partidas necesarias para la ejecución de la solución que se llevará a cabo

#### **1.1 PEM PARCIAL**

El presupuesto de ejecución de material es el desglose de cada una de las partidas que conforman el proyecto. Se ha tomado como referencia el anterior apartado de Estado de Mediciones

#### **PARTIDAS**

Partida 1: Equipos principales

Partida 2: Conducciones

Partida 3: Accesorios

Partida 4: Obra civil

*Tabla P. 1 Partidas.*

## Sistema de aeración mediante difusores

### 1.1.1 Partida 1: Equipos principales

Descripción del equipo	Unidad	Cantidad	Coste unitario (€)	Importe (€)
Turbo compresor centrífugo alta velocidad modelo HST 20-4500-125, con control continuo de caudal y consumo de potencia optimizada por control de velocidad rotacional, para operación sin consumo de aceite. Está equipado con motor de alta velocidad apto para trabajar a 500V, variador de frecuencia, pantalla de control local, control activo de rodamientos magnéticos AMB, controles axiales de vibración activos, válvulas antirretorno y protección de ruidos. Incluido transporte y embalaje, mano de obra y montaje	Ud	2	54.000	108.000,00
Difusores STRIP SD 180/3000 de burbujas Ultrafina de alta eficiencia Barmatec, con membrana de poliuretano microperforada de gran resistencia y máxima vida útil.	Ud	210	120	25.200,00
<b>TOTAL EQUIPOS</b>				<b>133.200,00</b>

Tabla P. 2: Equipos principales

### 1.1.2 Partida 2: Conducciones

Descripción del equipo	Unidad	Cantidad	Coste unitario (€)	Importe (€)
Tubo PVC diámetro externo 32 mm para montaje de difusores	m	1664	0,9	1.497,70
Tubo acero inoxidable AISI 304 hasta las bajantes del colector de entrada	m	109	12	1.308,00
<b>TOTAL CONDUCCIONES</b>				<b>2.805,70</b>

Tabla P. 3: Conducciones

## **Sistema de aeración mediante difusores**

### 1.1.3 Partida 3: Accesorios

Descripción del equipo	Unidad	Cantidad	Coste unitario (€)	Importe (€)
Juntas de PVC para conducciones en el tanque de aeración	Ud	500	8	4.000,00
<b>TOTAL ACCESORIOS</b>				<b>4.000,00</b>

*Tabla P. 4: Accesorios*

### 1.1.3 Partida 4: Obra civil

Descripción del equipo	Unidad	Cantidad	Coste unitario (€)	Importe (€)
Personal para limpieza del reactor biológico y modificación colector instalado	Ud	2	1.400,00	2.800,00
Instalación de las nuevas conducciones de aire desde la sala de soplantes	Ud	2	5.500,00	11.000,00
Trabajos de Obra civil (varios)	Ud	1	12.300,00	12.300,00
Cuba limpieza reactores biológicos	Ud	1	2.400,00	2.400,00
Calderería para conexionado sistema difusión acero inoxidable AISI 304 hasta las bajantes del colector de entrada, pequeño material, y montaje de las parrillas	Ud	1	6.500,00	6.500,00
<b>TOTAL OBRA CIVIL</b>				<b>35.000,00</b>

*Tabla P. 5: Obra civil*

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

### 1.2 PEM Total

El Presupuesto de Ejecución Material Total es la suma del presupuesto de las distintas partidas que forman el proyecto. A continuación, se detalla:

PARTIDAS	COSTES (€)
Partida 1: Equipos principales	133.200,00
Partida 2: Conducciones	2.805,70
Partida 3: Accesorios	4.000,00
Partida 4: Obra civil	35.000,00
<b>TOTAL PEM</b>	<b>175.005,75</b>

*Tabla P. 6 Presupuesto Ejecución Material Total*

## **2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC)**

El cálculo del Presupuesto de Ejecución por Contrata está basado en el presupuesto de ejecución material. En este los Gastos Generales son un 6% del PEM y el Beneficio Industrial un 12%. Los Gastos Generales incluyen los gastos derivados de licencias y seguridad y salud.

PEM	Presupuesto de Ejecución Material	175.005,75€
GG	Gastos Generales (13% del PEM)	22.750,75€
B° industrial	Beneficio industrial (6% del PEM)	10.500,35€
	<b>TOTAL PEC</b>	<b>208.256,85€</b>

*Tabla P. 7: Presupuesto de Ejecución por Contrata*

---

## **Sistema de aeración mediante difusores**

---

### **3. PRESUPUESTO TOTAL**

El Presupuesto Total se determina aplicando el IVA (21%) al Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC). Equivale a la inversión inicial que se debe hacer.

<b>ELEMENTO</b>	<b>COSTE €</b>
PEC	208.256,85€
IVA	433.66,43
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>251.990,79€</b>

*Tabla P. 8: Presupuesto total*

El Presupuesto total del proyecto para el Diseño del sistema de aeración de una EDAR urbana, simulación y optimización bajo el prisma de la eficiencia energética asciende a un total de **DOSCIENTOS CINCUENTA Y UN MIL NOVECIENTOS NOVENTA CON SETENTA Y NUEVE CENTIMOS DE EURO.**